

Zur Praxis der Gezeitenrechnung in der frühen Neuzeit: ... the nature of a number of men is to dislyke of all things not done by themselves

Sauer, Albrecht

Veröffentlichungsversion / Published Version
Zeitschriftenartikel / journal article

Empfohlene Zitierung / Suggested Citation:

Sauer, A. (1994). Zur Praxis der Gezeitenrechnung in der frühen Neuzeit: ... the nature of a number of men is to dislyke of all things not done by themselves. *Deutsches Schifffahrtsarchiv*, 17, 93-150. <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ssoar-49760-1>

Nutzungsbedingungen:

Dieser Text wird unter einer Deposit-Lizenz (Keine Weiterverbreitung - keine Bearbeitung) zur Verfügung gestellt. Gewährt wird ein nicht exklusives, nicht übertragbares, persönliches und beschränktes Recht auf Nutzung dieses Dokuments. Dieses Dokument ist ausschließlich für den persönlichen, nicht-kommerziellen Gebrauch bestimmt. Auf sämtlichen Kopien dieses Dokuments müssen alle Urheberrechtshinweise und sonstigen Hinweise auf gesetzlichen Schutz beibehalten werden. Sie dürfen dieses Dokument nicht in irgendeiner Weise abändern, noch dürfen Sie dieses Dokument für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, aufführen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

Terms of use:

This document is made available under Deposit Licence (No Redistribution - no modifications). We grant a non-exclusive, non-transferable, individual and limited right to using this document. This document is solely intended for your personal, non-commercial use. All of the copies of this documents must retain all copyright information and other information regarding legal protection. You are not allowed to alter this document in any way, to copy it for public or commercial purposes, to exhibit the document in public, to perform, distribute or otherwise use the document in public.

By using this particular document, you accept the above-stated conditions of use.

NAVIGATION

ZUR PRAXIS DER GEZEITENRECHNUNG IN DER FRÜHEN NEUZEIT

*... the nature of a number of men is to dislyke of all things
not done by themselves*

VON ALBRECHT SAUER

Es vergeht kaum eine Ausstellung im Kontext der frühneuzeitlichen Schifffahrtsgeschichte unserer Region, in der nicht auch diverse messingglänzende oder mitunter elfenbeinverzierte hölzerne Navigationsgeräte gezeigt werden, deren Existenz von der virtuoson Nutzung mathematischer und astronomischer Kenntnisse im nautischen Alltag der Kapitäne und Steuerleute auf den Schiffen dieser Zeit zu zeugen scheint. Zuweilen entsteht gar der Eindruck, als seien die Grenzen zwischen den wissenschaftlichen Disziplinen Astronomie, Geographie, Kartographie und Mathematik auf der einen und der nautischen Alltagspraxis auf der anderen Seite so fließend, daß der Wissensstand der einen vorbehaltlos auf die andere übertragen werden dürfte. Zudem verleiten die schriftlichen Quellen dieser Zeit zu einer solchen Haltung, indem wissenschaftliche Anstrengungen im Regelfall schriftlich verbreitet werden und damit der Nachwelt erhalten bleiben, während die navigatorischen Grundsätze nautischer Alltagspraxis kaum einmal, und wenn, dann meist vor dem Hintergrund außergewöhnlicher Leistungen der Entdeckungsfahrten ihren Niederschlag finden. Der allgemeineschichtliche Hintergrund jener Epoche – oft und gern als Zeit der »wissenschaftlichen Revolution« bezeichnet¹ – trägt ein weiteres dazu bei.

In diesem Sinne geraten Darstellungen zur Geschichte der nordwesteuropäischen Seefahrt, insbesondere der Navigation, leicht in Gefahr, zu einer Geschichtsschreibung der Fortschritte wissenschaftlicher Theorie oder der hiermit korrespondierenden Lehrinhalte nautischer Unterrichtswerke zu werden, zumal die Historiographen nicht selten selbst dem akademischen Milieu entstammen. Es steht jedoch sehr dahin, ob und wie weit eine solche Identifizierung zu rechtfertigen ist. Bei der Lektüre jener Unterrichtswerke und anderer gelehrter Schriften rangiert nämlich die stetig über die Jahrhunderte wiederholte Klage über das Unvermögen und die Unkenntnis der Schiffsführer bei weitem vor der Freude über navigationstechnische Fortschrittlichkeit: Man zeigt sich besorgt über den Ausbildungs- und Verfahrensstandard der Mehrheit – ... *a number of them doeth but grope as a blinde man doth...*² – und kontrastiert apodiktisch die Möglichkeiten mathematischer Navigationsmethoden, die man als eine der Bedingungen, wenn nicht der Ursachen für den unermeßlichen Reichtum ansieht, den Portugal und vor allem Spanien aus den Überseefahrten des 15. und 16. Jahrhunderts schöpften. Auf der Seite eines Großteils der »Praktiker« wiederum besteht ein tiefes Mißtrauen gegen die komplizierten und undurchsichtigen Verfahrensanleitungen der Lehrbücher, was in der im Titel zitierten Formulierung anklingt. Sie stammt aus der Feder William Bournes, des Verfassers des ersten – frei-

lich von Martin Cortes' »Breve compendio de la sphaera y de la arte de navegar« bzw. dessen englischer Übersetzung durch Richard Eden beeinflussten³ – originär englischen Navigationshandbuches »The Regiment for the Sea« von 1574.⁴ Bourn ist kein Seemann, 1571 bezeichnet er sich noch als *student of the Mathematicall science*, später dann als *gunner* und *keeper of the Inn* in Gravesend an der Themse.⁵ Er steht aber, das machen seine Ausführungen immer wieder deutlich⁶, der praktischen Seefahrt nahe und kennt die Gewohnheiten und die Mentalität der Schiffer – schon berufsbedingt – genau. Seine Kompetenz als Zeitzeuge steht damit außer Zweifel.

Freilich liegt das Augenmerk aller gelehrten Kritik in erster Linie auf den Möglichkeiten von Astronomie und Trigonometrie bei der Breitenbestimmung durch Sonne und Nordstern, bei der Besteckrechnung, der Anfertigung von Seekarten und der Kompaßkontrolle resp. der Berücksichtigung der lokalen Mißweisung. Es umfaßt aber auch – wenn das Interesse sich einmal soweit vortastet – die überkommenen Verfahren der Gezeitenrechnung, von denen Bourne an anderer Stelle schreibt: ... *I do thinke it verie necessary for to show some what of the moones motion... for that I do know that there is not in respect, no seaman that doth know it. For that I do know no one seaman that hath anye sight of knowledge in the Moones Theorat ...*⁷

Nun liegt es in der Natur der Sache, daß der Autor eines Lehrbuches sich in vielleicht sogar drastisch überhöhten Worten über die unabdingbare Notwendigkeit seines Werkes ausläßt, und man könnte folglich derartige Äußerungen zur normalen Topik einer Lehrbuchvorrede rechnen, wenn sie sich nicht in ähnlichen Formulierungen bis ins 19. Jahrhundert in einer Art häuften, die bloße Topik ausschließt. Wenn aber tatsächlich von einer Kluft zwischen *the Moones Theorat* und der praktizierten – offenbar theorielosen – Gezeitenrechnung der Schiffer auszugehen ist, bleiben historische Arbeiten zur Gezeitenrechnung in schiffahrtsgeschichtlichem Kontext unvollständig, wenn sie lediglich die Entwicklung der naturwissenschaftlichen Bemühungen umreißen. Der folgende Beitrag versucht daher, gleichsam zwischen den Zeilen nautischer Lehrbücher und anderer maritimer Quellen nach Indizien zu suchen, die Rückschlüsse auf den nautischen Alltag erlauben. Es geht ihm folglich weniger um die Würdigung der gedanklichen Leistung der zahlreichen Wissenschaftler, die zur Erkenntnis dieses Phänomens beigetragen haben, sondern um die Vorgänge an Bord. Die akademischen Bemühungen zu diesem zu einem der komplexesten Probleme der physikalischen Geographie zählenden Phänomen sind ohnehin mehrfach von hydrographischer Seite dargestellt worden, wenn auch zum Teil nur en passant in den für einen größeren Leserkreis geschriebenen Erklärungen der gezeitenerzeugenden Kräfte und den Beschreibungen der verschiedenartigen Gezeitenformen.⁸

Die gezeitenerzeugenden Kräfte und Einflußgrößen

Um ein Verständnis für die Komplexität der gezeitenerzeugenden Kräfte, deren Kenntnis letztlich zur Gezeitenvorausberechnung erforderlich ist, in den folgenden Ausführungen voraussetzen zu können, seien sie kurz umrissen. Die Gezeiten werden bekanntlich in der Hauptsache durch die Schwerkraftstörungen verursacht, die der Mond und zu einem bedeutend kleineren Teil – in der Theorie ungefähr 46% der Mondkräfte – die Sonne auslösen. Erde und Mond bilden ein Zweikörpersystem, das sich während eines siderischen Monats⁹ von ca. 27 Tagen 8 Stunden einmal um seinen Schwerpunkt dreht. Dieser Schwerpunkt deckt sich nicht mit dem Mittelpunkt der Erde, sondern ist um ungefähr $\frac{1}{3}$ des Erdradius in Mondrichtung verschoben. Die auftretenden Fliehkräfte halten sich zwar nach dem Gravitationsgesetz mit den gegenseitigen Anziehungskräften von Erde und Mond die

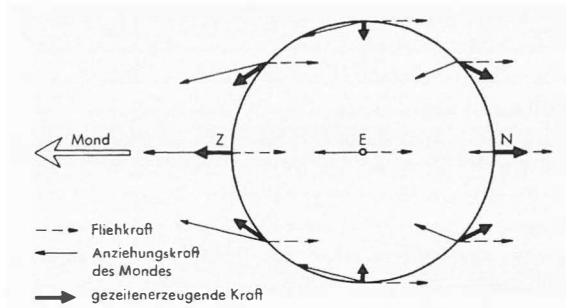


Abb. 1 Gezeitenenerzeugende Kräfte des Mondes.¹⁰

Waage, aber nur in bezug auf den Erdmittelpunkt. Auf der Erdoberfläche resultieren aus den zur Verbindungslinie der Mittelpunkte von Erde und Mond parallelen Flieh- und den zum Mittelpunkt des Mondes gerichteten Anziehungskräften entsprechend den Regeln eines Kräfteparallelogramms Kräfte, die sich je nach ihrer Lage zum Schnittpunkt der Erdoberfläche mit der Verbindungslinie der Mittelpunkte von Erde und Mond unterschiedlich auswirken. An der Verbindungslinie sind die Resultierenden vertikal vom Erdmittelpunkt weggerichtet, während sie auf dem dazu senkrecht stehenden Großkreis der Erdoberfläche zu ihm hinführen. Allerdings wirken diese Schwerkraftstörungen lediglich mit ca. 0,11 g pro Tonne.¹¹ Wichtiger als gezeitenenerzeugende Kräfte sind neben den vertikalen deshalb die horizontalen Komponenten, die als Resultierende auf der Erdoberfläche zwischen der genannten Verbindungslinie und dem dazu senkrecht stehendem Großkreis jeweils in Richtung der Verbindungslinie wirken und zu einem Aufstauen des Wassers führen. Sie betragen zwar maximal nur ca. 0,08 g pro Tonne¹², lösen aber umso leichter Bewegungen wie die Gezeitenströme aus, da horizontal keine der Schwerkraft vergleichbaren Kräfte wirksam sind.¹³

So entstehen – unter Annahme eines erdumspannenden Weltmeeres – auf der mondzu- und mondabgewandten Seite der Erde zwei Flutwellen, Hochwasser und im rechten Winkel dazu Niedrigwasser. Von der Umlaufebene des Mondes aus betrachtet, haben diese sog. lunaren Flutwellen die Form einer regelmäßigen Sinuskurve, deren Periode der halben Umlaufzeit des Mondes, im Mittel ungefähr 12 Stunden 25 Minuten, entspricht, d. h. es treten im Laufe eines (Mond-)Tages zwei Hochwasser und zwei Niedrigwasser ein, weshalb hier – in der heutigen, sog. harmonischen Gezeitenanalyse – von der »halbtägigen Haupt-Mondtide« gesprochen wird. Die Bewegung des Mondes ist jedoch nicht gleichförmig. Schließlich umkreist er die Erde nicht auf dem Himmelsäquator, sondern seine Bahnebene ist um ungefähr $5^{\circ}9'$ gegen die der Ekliptik geneigt, die wiederum um ca. $23^{\circ}27'$ gegen den Äquator geneigt ist. Die Schnittwinkel der Bahnebenen sind zwar annähernd konstant, aber die Bahn selbst ändert ihre Lage, indem ihre Knotenlinie¹⁴ in 18,6 Jahren, dem sogenannten metonischen Zyklus, in einer der Bewegungsrichtung des Mondes entgegengesetzten Richtung einmal umläuft. Dadurch kann die Deklination des Mondes, also der Winkel zwischen seiner Bahnebene und dem Himmelsäquator, Werte zwischen $18^{\circ}18'$ und $28^{\circ}36'$ annehmen. Weiterhin ist die Mondbahn nicht kreisförmig, sondern eine Ellipse, in deren einem Mittelpunkt die Erde steht. Die Entfernung des Mondes variiert daher während eines sog. anomalistischen Monats von ca. 27 Tagen 13 Stunden¹⁵ zwischen seiner erdnächsten und erdfernten Stellung, Perigäum (356 410 km) und Apogäum (406 740 km), wodurch wiederum die Geschwindigkeit des Zweikörper-

systems, d.h. die gezeitenerzeugenden Fliehkräfte, aber auch die Anziehungskraft des Mondes variiert.¹⁶ Solche Abweichungen bleiben hinsichtlich der Gezeiten nicht ohne Wirkung. Zum einen läßt sich eine direkte Abhängigkeit vom Betrag der Deklination feststellen: Je höher der Betrag, desto niedriger die Höhe der Gezeit.¹⁷ Gleichzeitig weicht bei steigender Deklination die regelmäßige sinusförmige Gezeitenwelle einer komplizierten Kurve, deren freilich vom Breitengrad der Gezeitenmessung abhängige Symmetrie bestenfalls noch eine eintägige Periode (Mondtag) aufweist, man spricht hier von der »Deklinationsungleichheit«. Zum anderen wächst und fällt durch die unterschiedliche Entfernung des Mondes die Größe der Kurve, d.h. der Tidenhub (parallaktische Ungleichheit). Ungleichheiten der Hubhöhe sind in allen Fällen – und für die Gezeitenvoraussage besonders bedeutsam – auch mit Ungleichheiten in der Zeit verbunden.

Diesem System von Gezeitenwellen überlagert sich ein weiteres, das von den gezeitenerzeugenden Kräften der Sonne herrührt, die, wie erwähnt, theoretisch ca. 46% der des Mondes ausmachen. Die anfänglichen Bemerkungen zum Zweikörpersystem Erde-Mond gelten in ähnlicher Weise für das System Sonne-Erde. Auch hier werden Fliehkräfte erzeugt, die im Zusammenwirken mit der Gravitation eine sog. »solare« halbtägige Gezeitenwelle erzeugen, die sich der lunaren Welle überlagert. Da der mittlere Mondtag um ca. 50 Minuten länger ist als der mittlere Sonnentag, verschieben sich die Stellungen von Sonne und Mond in bezug auf die Erde im Laufe eines synodischen Monats von ca. 29 Tagen 13 Stunden.¹⁸ Bei Konjunktion oder Opposition von Sonne und Mond, also Neu- oder Vollmond, addieren sich solare und lunare Kräfte, was zu einer Verstärkung der Gezeitenwelle führt; bei senkrechter Stellung der Sonne zum Mond, dem sog. ersten bzw. letzten Viertel oder landläufig »Halbmond«, wirken sie einander entgegen, wodurch die – zumindest in der Theorie – stärkere lunare Welle abgeschwächt wird. Dieser monatliche Wechsel ist als Folge von Spring-, Mitt- und Nippzeiten oder als »halbmonatliche Ungleichheit« bekannt. Ebenso wie beim Mond wirken auch die Anziehungskräfte der Sonne nicht auf der Ebene des Himmelsäquators, sondern auf der Ekliptik. Durch die annähernd raumfest stehende Erdachse¹⁹ bewegt sich ihre Deklination zwischen 23°27' N im Sommer der nördlichen Erdhalbkugel und dem entsprechenden Wert südlicher Deklination im Nordwinter. Analog zum Mond ist auch die Ausprägung der solaren Welle am stärksten, wenn die Deklination der Sonne gegen Null geht, d.h. zur Zeit der Äquinoktien; woraus wiederum folgt, daß die ausgeprägtesten Gezeiten auftreten, wenn Syzygien²⁰ und Äquinoktien zusammenreffen. Hingegen wirken sich Erdnähe und Erdferne der Sonne, Perihel und Aphel, nur wenig aus.

Das System von gezeitenbildenden Wellen oder besser Schwingungen wird nun weiterhin kompliziert durch den Einfluß der Erdrotation, die sog. Corioliskraft, die eine Rechtsablenkung²¹ von großräumigen Bewegungen, somit auch Meeresströmen, bewirkt. Hinzu treten – abgesehen von den meteorologischen – die terrestrischen Einflüsse, d.h. die tatsächlichen geographischen Gegebenheiten. Durch die kontinentalen Landmassen, die die Ozeane zu Becken individueller Form und Größe werden lassen, ist die tatsächliche Ausformung der Gezeiten weniger als erdumlaufende Welle aufzufassen, sondern als ozeanische Resonanzschwingungen, die auf die gezeitenerzeugenden Kräfte reagieren und – durch die Corioliskraft – überwiegend zur Bildung amphidromischer Systeme führen, d. h. zu Systemen, bei denen eine Gezeitenwelle konzentrisch um einen gezeitenlosen Punkt kreist. Solche Systeme sind nicht nur in den Ozeanen nachweisbar²², sondern selbst in einem Randmeer wie der Nordsee, deren Gezeiten im wesentlichen auf einem Mitschwingen mit dem Atlantik beruhen, sind drei solcher Systeme ausgebildet. Die Geschwindigkeit und die Form der Gezeitenwelle sind ferner maßgeblich von der Tiefe des betreffenden Gewässers abhängig.²³

Erst durch die terrestrischen Einflüsse werden die beschriebenen Schwerkraftstörungen relativ kleinen Potentials zu derart gewaltigen Naturerscheinungen, wie sie die Gezeiten darstellen. Während etwa der maximale Tidenhub der Ozeane rechnerisch weit unter einem Meter bleibt, erreichen die größten Tidenhübe der Welt davon ein Vielfaches. In der nordamerikanischen Fundy Bay läuft die Tide bis zu 15 m auf. Nordwesteuropa bietet mit dem Bristol Channel resp. dem Severn (12,5 m)²⁴ und der Bucht vom Mont Saint Michel (> 12 m)²⁵ nicht minder eindrucksvolle Belege. Auch die maximalen Stärken des Gezeitenstroms überbieten in der Realität bei weitem das angesichts der Theorie der wirksamen astronomischen Kräfte zu erwartende Maß. Man denke etwa an den nordnorwegischen Saltstraumen bei Bodö, der – allerdings durch Schmelzwasser verstärkte – Ebbstrom jahreszeitlich bis zu 16 kn betragen kann. Und selbst reine Gezeitenströme wie der »hydraulische« Strom im Pentland Firth mit über 13 kn²⁶ oder der im Raz Blanchard vor dem Cap de la Hague mit bis zu 10 kn²⁷ sind noch geeignet, den Seefahrer das Fürchten zu lehren.²⁸ Verantwortlich für solch extremes Anwachsen der Gezeitenerscheinungen ist vorrangig der Kontinentalschelf, bei dem der Meeresboden von mehreren tausend Metern auf meist weniger als 200 m ansteigt. Ausgedehnte Schelfgebiete am Rande der Ozeane weisen global erheblich größere Gezeiten auf als Küsten, bei denen der Rand einer Kontinentalplatte unmittelbar an die Tiefsee grenzt. Auch trichterförmige Einschnürungen der Wasserfläche oder kontinuierlich starker Anstieg des Meeresbodens zur Küste hin wirken verstärkend. In Ästuarien, d. h. im Gezeitenbereich von Flußläufen, tritt der Einfluß des Oberwassers²⁹ in Verbindung mit der meist besonderen Seichtigkeit des Flußbettes (Bodenreibung) hinzu, wodurch sich die Steig- gegenüber der Falldauer je mehr verkürzt, je weiter die Flutwelle den Fluß hinaufwandert.³⁰

Durch die beschriebenen vielgestaltigen Einflüsse treten global unterschiedliche Erscheinungsformen der Gezeiten auf. Dem Mitteleuropäer ist der halbtägige Ablauf der Tiden geläufig, bei dem auf jeden Montag zwei Hoch- und zwei Niedrigwasser fallen, deren Eintrittszeit hauptsächlich von der halbtägigen Haupt-Mondtide, d. h. der Position des Mondes gesteuert wird. Es gibt aber auch Gebiete, in denen es während eines Mondtages nur zu jeweils einem Hoch- und Niedrigwasser kommt. Dazu gehören weite Teile der Antarktis, SW-Australien, die Javasee, Bismarcksee und die Philippinen.³¹ Häufiger ist allerdings eine »Kombination« beider, die sog. gemischten Gezeitenformen, die einmal der halbtägigen, einmal der eintägigen Form näher stehen. Die gesamte westeuropäische Küste, auf die sich diese Arbeit beschränkt, gehört jedoch zum Gebiet halbtägiger Gezeitenform. Daß die Stellung des Mondes die Eintrittszeit der Gezeit steuert, besagt freilich nicht, daß die Zeit des Hochwassers mit der Mondkulmination am jeweiligen Ort zusammenfällt. Sie erleidet vielmehr – abgesehen von der halbmonatlichen Ungleichheit und jahreszeitlichen Schwankungen, um nur die wichtigsten Einflußgrößen zu nennen – eine Verspätung, die durch die geographische Lage des Ortes und die unterschiedliche Geschwindigkeit der Gezeitenwelle bedingt ist. Der Betrag des Zeitunterschieds von Mondkulmination und Hochwasserzeit ist daher für jeden Ort verschieden. In ähnlicher Weise verspäten sich die Phasen der Gezeiten gegen die astronomischen des Mondes, es kommt zur sogenannten Springverspätung, die vor der Bretagne ca. 1 1/2, in der Deutschen Bucht hingegen ca. 3 Tage beträgt.³² Die geographischen Gegebenheiten verändern auch das zeitliche Verhältnis zwischen Hochwasser und maximalem Gezeitenstrom bzw. Stillwasser. Auf offener See oder in Kanälen setzt im Idealfall ca. 3 Stunden vor Hochwasser der Flutstrom ein, erreicht gleichzeitig mit ihm sein Maximum und geht ca. 3 Stunden danach über Stillwasser in den Ebbstrom über, worauf sich der Vorgang in umgekehrter Richtung wiederholt. Im Gegensatz dazu fallen vor einer Küste, in einer Bucht o.ä. durch Reflexion der Gezeitenwelle Hochwasser und Strommaximum auseinander, und es koinzidieren Hoch- und Still-

wasser. Da beide Voraussetzungen selten in dieser Weise gegeben sind, sind die örtlichen Verhältnisse in der Regel kompliziert, und keineswegs ist mit der Angabe der Hochwasserzeit per se bereits eine hinreichende Aussage über die Stromverhältnisse am Ort getroffen.

Es führte zu weit, die regionalen Besonderheiten der Gezeiten darzulegen. Die Hyperkomplexität ihrer genauen Bestimmung ist deutlich geworden, und ihr grundlegender Einfluß auf Schifffahrt und Schiffsführung ist jedem damit Befassten bekannt. In erster Linie sind es die gerade in Küstennähe unregelmäßigen, schwer zu bestimmenden und oft drehenden Ströme, die dem Schiffer das Handwerk erschweren und von deren »Tücken« die Seehandbücher, Gezeitenatlanten und Gezeitentafeln mit größerer Kompetenz als der Verfasser zu zeugen wissen. So manche enge Passage – zu der selbst noch der Englische Kanal zählen darf – oder Flußmündung ist ohne Berücksichtigung des Gezeitenstromes kaum passierbar, von seinem Einfluß auf die Seegangsverhältnisse ganz zu schweigen. Die Zahl der Schiffe, die an den nordwesteuropäischen Küsten seine Opfer wurden und auf eine der durch ihn aufgebauten oder verlagerten Sandbänke aufliefen und scheiterten, ist kaum zu schätzen. Erst in zweiter Linie sind es die wechselnden Wassertiefen, die bei der Ansteuerung der Küste, dem Passieren einer Untiefe oder der Wahl der Reede zu beachten sind, auch wenn sie an der Küste als das eindrucksvollere Schauspiel erscheinen. Solange es folglich Schifffahrt in Nordwesteuropa gibt, solange ist sie mit den Gezeiten konfrontiert worden und hat sie berücksichtigen müssen. Bekannt sind Cäsars nautische Probleme beim Versuch, in den Jahren 55–54 v. Chr. Britannien zu erobern³³, während für dessen Anrainer der regelmäßige Schiffsverkehr über den Kanal selbst in den nautisch diffizileren westlichen Teilen schon weit früher eine Selbstverständlichkeit war.³⁴ Derartige Naturerscheinungen – in diesem Fall die Springgezeiten um die Zeit des Herbst-Äquinoktiums – waren den mediterranen Schiffsführern nicht vertraut. Auch die späteren Navigationsverfahren mit Kompaß und Seekarte, die in ihrem Seefahrtsbereich, dem *mare in quo potest navigari*³⁵, entwickelt wurden, waren in Nordwesteuropa bei weitem nicht so tragfähig, da sich hier das Element, in dem sich die Schiffe bewegen, selbst bewegt, und infolgedessen bereits nach kurzer Zeit außer Landsicht nicht mehr mit Verlässlichkeit anzugeben ist, wo man sich auf der Seekarte befindet. Treffend bemerkt ein modernes deutsches Seehandbuch: *Auch bei klarem Wetter ist selbst bei genauem Abfahrtsort das Besteck³⁶ nicht mehr als völlig sicher zu betrachten, wenn man einige Stunden außer Sicht von Land und Seezeichen ist ...*³⁷ Die Formulierung stammt wohlgerne aus einer Zeit, in der Schiffsgeschwindigkeiten von 15 bis über 20 kn als normal gelten. Die Unsicherheit des Schiffsortes nimmt bei langsamen Geschwindigkeiten – die durchschnittlichen Geschwindigkeiten der Schiffe der Frühen Neuzeit sollte man zwischen 5 und 9 kn ansetzen – erheblich zu. Um das Ausmaß der möglichen Versetzung zu vergegenwärtigen, sei einmal nur über einen Zeitraum von 4 Stunden ein Strom von 3 kn in Relation zur mutmaßlichen Position, dem »gegißten Ort«, eines mit 5 kn laufenden Kauffahrers betrachtet. Die Realität ist freilich komplexer. Mitlaufender Strom ändert zwar nicht den Kurs, aber die Fahrt: Das Schiff steht am Ende der Zeit 32 nm von seinem Ausgangsort entfernt, gegenlaufender Strom läßt es trotz »normaler« Fahrt durchs Wasser nur 8 nm »gut machen«. Bei querlaufendem Strom liegt nach 4 Stunden der Standort über 23 nm vom ursprünglichen entfernt, und der Kurs am Kompaß ist in einem Winkel von $\pm 31^\circ$ gegen den über Grund verfälscht. Innerhalb dieser vier Eckpunkte müßte ein Schiffsführer bereits nach so kurzer Zeit seinen Standort annehmen. Konsequenterweise entwickelten sich in den atlantischen Randmeeren, die im Bereich des Kontinentalschelfes keine unerreichbaren Tiefen aufweisen, andere Navigationsverfahren als im Mittelmeer: die Navigation mit Kompaß und Lot.³⁸

Früheste Verfahren

Regelmäßige Schifffahrt in diesem Gebiet ist folglich ohne eine wie auch immer geartete Berücksichtigung der Gezeiten schlechterdings unmöglich. Man darf daher davon ausgehen, daß gleichsam als Vorstufe der eigentlichen Gezeitenrechnung bereits seit den frühesten Küstenfahrten mündlich Anweisungen zu Strom- und Gezeitenverhältnissen verbreitet wurden, deren Grundlagen die eigene Erfahrung und der persönliche Augenschein waren. Solche Anweisungen konnten zum Beispiel aus der Information bestehen, daß eine bestimmte Wattenrinne o. ä. in einer bestimmten Richtung nur befahrbar war, wenn an ihrem Eingang eine nahe Klippe eben überspült war oder der – nötigenfalls mit dem Lot feststellbare – Strom zu kentern begann etc. Bei Ungewißheit mußte man sich notgedrungen seinen Weg vorsichtig ertasten. Eine eventuell einmal fehlgetroffene Entscheidung zeitigte bei den zu dieser Zeit üblichen Schiffsgrößen noch nicht unbedingt die verheerenden Folgen, die seit dem Aufkommen von besegelten Großschiffstypen im späten Hoch- und besonders im Spätmittelalter zu erwarten waren.

Großschiffe wie Kiel, Kogge und Holk brauchten, einmal festgekommen, schon äußerst günstige Umstände, um wieder tiefes Wasser zu erreichen. Zudem dürften ihre Rumpfverbände und die Kalfaterung dabei zumeist gelitten haben. Deshalb war an regelmäßiges Festkommen oder gar Trockenfallen nicht zu denken.³⁹ Grundberührungen mußten unter allen Umständen verhindert werden. Folglich veränderten sich mit den angewachsenen Ladekapazitäten auch die nautischen Verfahren. War vorher die Fahrt dicht unter Land die Regel, wobei man bei Dunkelheit am Ufer übernachtete, so suchte man jetzt den Abstand zur Küste so weit wie möglich zu halten, ohne ihn aus Orientierungsgründen vollends aufgeben zu können. Ad hoc getroffene navigatorische Entscheidungen nach dem bloßen Augenschein reichten nun nicht mehr aus, sie mußten mitunter schon weit vor der Küste getroffen werden, um das Schiff nicht in Gefahr zu bringen.⁴⁰ Das erleichterte neben dem Lot der Kompaß. 1189 im Kanalgebiet in Europa erstmalig belegt, avancierte er in den folgenden Jahrhunderten vom Notbehelf, der bei unsichtigem Wetter als Ersatz des Sternenhimmels diente, zum grundlegenden Instrument in der nordwesteuropäischen Nautik, das in den unterschiedlichsten Ausführungen zur Zeit-, Kurs- und Standortbestimmung herangezogen wurde.⁴¹ Bereits gegen Ende des 14. Jahrhunderts erreichte er eine Präzision, die es erlaubte, den Horizont in die auch später üblichen 32 Striche einzuteilen, deren Benennungen sich aus der fortgesetzten Unterteilung der vier Hauptrichtungen ergeben.⁴²

Doch nicht nur der unmittelbar nautisch bedingte Handlungsspielraum spontaner navigatorischer Entscheidungen schwand dahin, auch das reguläre Fahrtgebiet dieser Schiffe dehnte sich beträchtlich aus, so daß es – selbst in einer dominant schriftlosen Zeit wie dem Mittelalter – unmöglich wurde, alle nautisch relevanten Daten in Erinnerung zu halten. Es entstanden schriftliche Segelanweisungen⁴³, in die die neuen Navigationsverfahren einflossen und deren auf uns gekommene Exemplare ein authentisches Bild von der Nautik ihrer Benutzer vermitteln. Das niederdeutsche »Seebuch«, um 1470 niedergeschrieben, aber in seinen ältesten Teilen bis zu eineinhalb Jahrhunderte älter und damit das älteste erhaltene Werk dieser Art in Nordwesteuropa⁴⁴, zeugt mit seinen Beschreibungen von der Nordküste Afrikas über Westirland und Südnorwegen bis hin nach Reval am Finnischen Meerbusen eindrucksvoll von der Weite des befahrenen Gebietes und der Komplexität der gesammelten Informationen. Aus der Schriftzeit seiner drei erhaltenen Exemplare stammt auch eine Segelanweisung aus den Lansdowne Manuscripts im British Museum mit allerdings bedeutend geringerem textuellen und geographischen Umfang.⁴⁵ Beide Segelanweisungen beziehen sich mit an vorderster Stelle auf die Gezeiten, deren abstraktere Daten sich ungleich schwerer erinnern ließen als die einprägsameren Eigenarten einer Küste.

Zum einen werden neben lokalen Besonderheiten des Gezeitenstromes die Richtungen des Flut- und Ebbstromes angegeben.⁴⁶ Solche Angaben lauten etwa: *Item van Ostende (Oostende) went to sunte Kathrinen (S. Katherinen/Knogge) volt de vloet ostnortost, unde de ebbe westsudwest; des volt de voervloet dwers an land, unde de achterebbe des gelyk.*⁴⁷

Es ist jedoch nicht nur wichtig, in welche Richtung das Schiff durch den Strom versetzt wird, sondern vor allem, wann Flut- und wann Ebbstrom einsetzen. Zu diesem Zweck wird auf den Mond rekuriert, dessen steuernde Funktion nicht nur den Gelehrten, sondern auch den Küstenbewohnern nicht verborgen bleiben konnte. *The daily times of high and low water, and the monthly cycle of spring and neap tides were facts of observation that the seafarers of each particular port grew up with. Nor could their connection with the phases of the moon pass unnoticed.*⁴⁸ In den Segelanweisungen schlägt sich diese Erfahrung in Angaben wie der folgenden nieder: *Item in dat Vle (Vlie, Seegat zw. Terschelling und Vlieland) maket vul see en ostsutosten mane.*⁴⁹

Das heißt, es wird auf die Kompaßpeilung des Mondes (ESE) Bezug genommen, die zur Zeit des Hochwassers (*vul see*) beobachtet wird: Wenn er ESE (Ostsüdost) steht, soll im Vliestrom Hochwasser eintreten. Die Angabe ermöglicht einem Schiffer, der dieses neben dem Marsdiep für die Fahrt nach Amsterdam wichtigste Seegat ansteuert, schon weit bevor er sich ein Urteil über den Stand der Tide machen kann, mit einem Blick zu Mond und Kompaß zu erkennen, welche Strom- und Tiefenverhältnisse er dort antreffen wird. Allerdings erhellt aus den obigen Ausführungen zur komplexen Zusammensetzung der gezeiterzeugenden Kräfte, daß die Realität einer derart schlichten Angabe eine Reihe von Hürden in den Weg stellt.

1. Es wird in den damaligen Segelanweisungen generell der Zeitpunkt des Hochwassers mit der Zeit des Oberen Stillwassers, also dem Stromwechsel von Flut- zum Ebbstrom, gleichgesetzt. Das »Seebuch« vermerkt explizit: *upper stille* (Oberes Stillwasser) ... *dat is hoch water.*⁵⁰ Das ist nach den obigen Ausführungen jedoch keinesfalls selbstverständlich. Im Vliestrom etwa dürften Hochwasser und Stillwasser zur Zeit der Zuidersee, d. h. des noch nicht abgeschlossenen IJsselmeeres, erheblich auseinander gefallen sein.⁵¹ Von dieser Seite gehen bereits beträchtliche Fehler in die Bestimmung ein.
2. Alle weiteren oben beschriebenen astronomischen Einflußgrößen, namentlich die halbmonatliche Ungleichheit aus dem Einfluß der Sonne, finden keine Berücksichtigung.
3. Die geräteseitigen Voraussetzungen des 15. Jahrhunderts schließen die Verwendung eines nach Himmelspol und -äquator ausgerichteten Kompasses (sog. Äquinoktialkompaß) aus. Die Peilung wurde auf einem horizontalen Gerät vorgenommen.⁵² Bei dieser Fehldeutung der Mondbewegung werden der Horizont mit dem Himmelsäquator und die Vertikalkreise mit den Stundenkreisen verwechselt und ein weiterer, breiten- und deklinationsabhängiger Fehler generiert, der jedoch zu vernachlässigen ist, wenn kein Anspruch auf gleichlange Zeitabschnitte erhoben wird, die der Mond im Umlauf von einem Strich zum anderen benötigt.
4. In dieser Zeit werden magnetische Beobachtungen generell noch nicht um die örtliche Mißweisung und die Deviation berichtigt, daher haftet allen magnetischen Angaben der Segelanweisungen eine gewisse Zufälligkeit an, auch wenn die Mißweisung des jeweiligen Ortes für alle Schiffe gleich war. Von der Entwicklung der Erkenntnis dieser Ablenkungen sei jedoch im folgenden wegen des zur Verfügung stehenden Raumes abgesehen.

Die Praxis dürfte dem einzelnen Schiffer schnell vor Augen geführt haben, daß er von einer solchen Gezeitenrechnung lediglich überschlägige Werte erwarten durfte. Nun sind

einer Hochwasserbestimmung, die sich lediglich an der Peilung des Mondes orientiert, recht enge Grenzen gesetzt, da sie versagt, wenn der Mond nicht sichtbar ist. Es läßt sich jedoch mit Sicherheit nachweisen, daß die in den Segelanweisungen ohne jede Erklärung verwendeten Angaben sich nicht nur auf die bloße Mondpeilung beziehen, sondern in einem weitergehenden Sinne verstanden werden müssen. Die zahlreichen »Peilungen« wie die folgende, die den Mond im Quadranten zwischen NE und NW beobachten, wären sonst ohnehin unmöglich: ... *van Bovenberge* (Bøvlingbjerg/Jütland) *to der Elve* (Elbe)... *dar maket vul see in allen haven suden unde norden (mane) unde also dot id up de Elve ok.*⁵³

Im sog. »Katalanischen Atlas« von ca. 1375, der mit einiger Wahrscheinlichkeit auf den mallorquinisch-jüdischen Buchmaler Cresques Abraham zurückgeführt werden kann und aus dem Besitz des französischen Königs Karl V. stammt, wird neben einem kompaß-

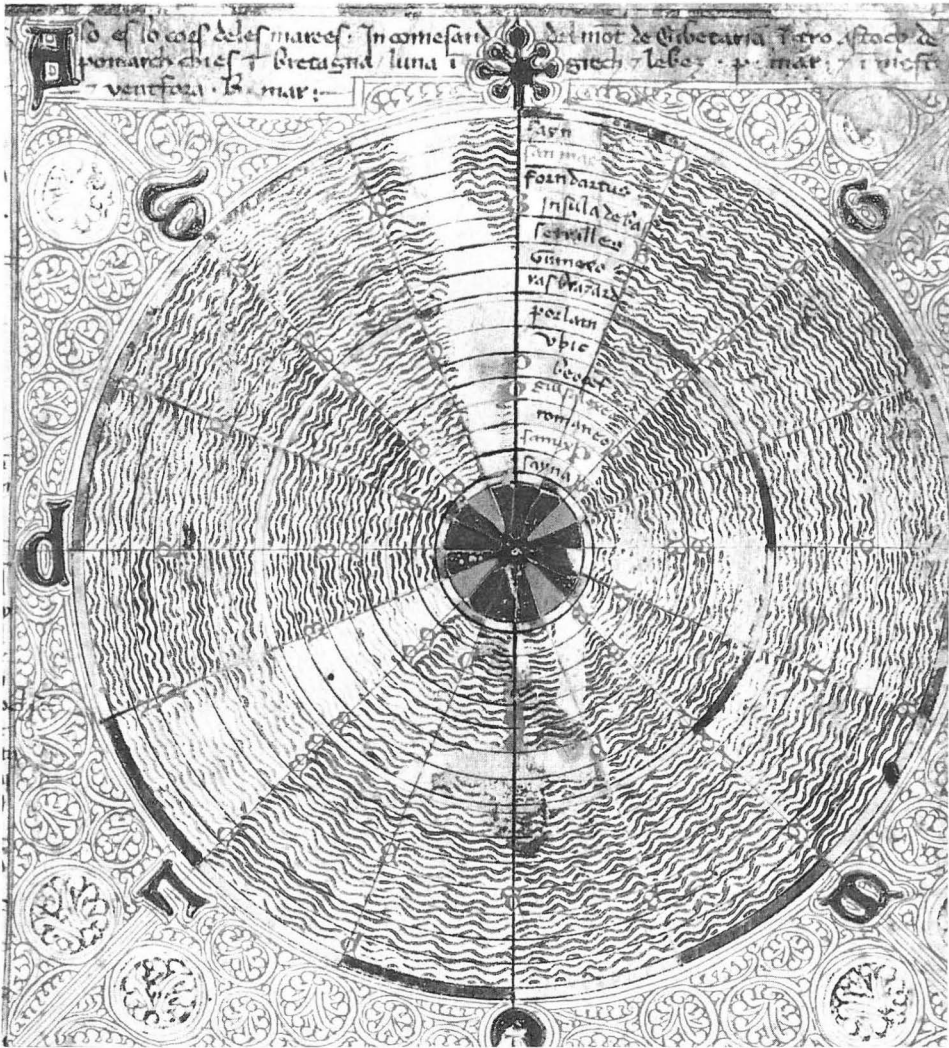


Abb. 2 Gezeitendiagramm aus dem »Katalanischen Atlas«, um 1375.⁵⁴

rosenähnlichen Diagramm, das einige Hochwasserzeiten des Kanalraumes in graphischer Form darstellt (Abb. 2), eine Erklärung des – explizit nautischen – Verfahrens geliefert: *Mas en aquesta raho vos me puriets dir e demanar com sabre yo hon es la luna/ vos davets saber de la luna quantes hores aura, cor lo comte devets saber/ e per quasqun jorn una quarta, donchs si la lun(a) ha .viii. jorns sera luny del sol .viii. quartes de vent donchs si lo sol és per ponent/ la lu(n)a ne serà .viii. quartes de vent luny e serà per migjorn... e per aytant(s) jorns con la luna aura aytantes quartes de vent ne sera luny del sol. – (»Aber wie kann ich wissen«, so werdet ihr sagen und mich fragen, »wo der Mond ist?« Ihr müßt wissen, wie viele Stunden der Mond hat, denn ihr müßt die Rechnung kennen, daß jedem Tag ein Strich der Windrose entspricht, so daß der Mond, wenn er 8 Tage alt ist, von der Sonne 8 Striche entfernt ist, also wenn die Sonne im Westen ist, der Mond 8 Striche Verspätung hat und im Süden steht... Und um wie viele weitere Tage der Mond alt sein wird, um so viele Strich wird der Mond hinter der Sonne stehen.)⁵⁵*

Bekanntlich kulminieren an den Syzygien Sonne und Mond – zumindest annähernd – gleichzeitig. Die Peilung des Mondes zur Hochwasserzeit gilt an diesen Tagen auch für die Sonne. Mit zunehmendem Mondalter verspätet sich der Mond um täglich durchschnittlich ca. 50 Minuten oder $12^{\circ}11'$, um nach ca. $29\frac{1}{2}$ Tagen (synod. Monat) einen Umlauf zurückzustehen. Die Anzahl der Tage eines Monats und die tägliche Verspätung des Mondes entsprechen also annähernd der Teilung der in 32 Strich à $11^{\circ}15'$ eingeteilten Kompaßrose, was in der Gezeitenrechnung der zitierten Beschreibung seinen Niederschlag findet. Die Schiffer brauchten lediglich die Phasen des Mondes zu beobachten, was sie auch aus mehr oder weniger irrationalen meteorologischen und astrologischen Gründen ohnehin seit Jahrhunderten gewohnt waren⁵⁶, und sich die Anzahl der Tage seit dem letzten Neu- oder Vollmond (das Mondalter) zu merken. Damit konnten sie durch bloßes Abzählen der Striche die in der Segelanweisung angegebene Mondpeilung in die Peilung der Sonne zur Hochwasserzeit verwandeln. Die Kompaßrose – bzw. das Diagramm – stellte so nicht nur ein Instrument zur Peilung, sondern auch zur Berechnung des täglichen und des monatlichen Umlaufs beider Himmelskörper dar. Die Zeiten von Zenit- und Nadirflut standen sich auf der Kompaßrose wie in der astronomischen Vorstellung diametral gegenüber, die Niedrigwasserzeiten im rechten Winkel dazu. War zum Beispiel wie vor *san mae* (S. Mathieu/Bretagne) NE/SW Hochwasser (*P*), dann trat Niedrigwasser (*B*) NW/SE ein.

So einfach das Verfahren ist, es ist das erste, das die Bezeichnung einer Gezeitenvorausberechnung verdient, auch wenn die oben angeführten deklinations- und breitenabhängigen Fehler sich durch die mangelnde Differenzierung von Horizont und Himmelsäquator, Vertikal- und Stundenkreis durch die Einführung eines weiteren Himmelskörpers in die »Rechnung« noch verdoppeln. Damit wird nebenher verständlich, warum sich in der Nautik die Strichteilung gegen die akademische Stundenteilung durchsetzen und über Jahrhunderte halten konnte. Schon Geoffrey Chaucer macht darauf aufmerksam: *Now is thyn orisonte* (der Limbus der Mater des Astrolabiums) *departed in 24 parties by thy azimuth, in signification of 24 parties of the world; al-be-it so that shipmen rikne thilke parties in 32.*⁵⁷

Es könnte eingewendet werden, daß der Katalanische Atlas eine mediterrane Quelle ist und seine Beschreibungen nicht ungeprüft auf die nordwesteuropäischen Verhältnisse angewendet werden dürften, auch wenn sie im Zusammenhang mit einem Gezeitendiagramm des Englischen Kanals stehen. Daß dies jedoch gerechtfertigt ist, belegt noch einmal Chaucer, durch zwölfjährige Tätigkeit als Zollinspektor des Londoner Hafens bestens mit den hiesigen Verhältnissen vertraut. Er beschreibt um 1390 im Prolog der »Canterbury Tales« musterhaft einen *shipman* aus Dartmouth, dessen Fahrtgebiet sich *from Gootlond* (Gotland) *to the cape to Finistere* (Cabo Finisterre/Galizien) erstreckt und den man deshalb als den typischen Schiffer dieses Areals ansehen darf. Darin heißt es unter anderem:

*... But of his craft to rekene wel his tydes,
His stremes and his daungers him bisydes,
His herberwe and his mone, his lodemenage,
Ther has noon swich from Hulle to Cartage.⁵⁸*

*(... Doch in der Kunst, seine Tiden zu berechnen,
seine Ströme und Gefahrstellen,
seine Reeden(?) und seinen Mond, (auch) sein Lot zu werfen,
gab es keinen zweiten zwischen Hull und Cartagena.)*

Wenn ein universell gebildeter Mann wie Chaucer im alltäglichen Umgang der Schiffer mit den Gezeiten eine »Rechnung« erkennt, kann es nicht nur um bloße Peilung gehen. Daß dabei andererseits nicht an aufwendige Operationen mit Hilfe des Astrolabiums zu denken ist⁵⁹, steht vor dem Bildungshintergrund der Schiffer, bei denen es sich ja in der Regel nicht gerade um College-Absolventen handelte, außer Frage. Die Schiffer der Wende des 15. zum 16. Jahrhundert waren folglich in der Lage, sowohl die Zenitflut als auch die Nadirflut – belegt durch die zahlreichen Angaben der diametral entgegengesetzten »Peilung« des unter dem Horizont nicht sichtbaren Mondes – auf der Rose ihres Kompasses zu bestimmen. Die dabei erreichbare Genauigkeit schloß freilich ein aufmerksames Ausschauhhalten wegen der beträchtlichen Fehlergrößen keineswegs aus. Wie groß sie tatsächlich waren, läßt sich kaum ermessen. Selbst wenn eine Angabe der lokalen Hochwasserzeit zufälligerweise mit hinreichender Präzision das mißweisende Azimut des Mondes bei mittleren astronomischen und meteorologischen Verhältnissen erfaßt und man die »Rechnung« nur über einen halben Monat ausgedehnt haben sollte, also bei Neu- und Vollmond erneut die Striche zu zählen begann, wird man – besonders wegen der fehlenden Berücksichtigung der halbmonatlichen Ungleichheit – kaum fehlgehen, Fehler von ca. ± 2 Stunden nicht auszuschließen. Solche Abweichungen der errechneten von den beobachteten Hochwasserzeiten der Themse werden noch 1683 von John Flamstead, dem ersten *Astronomer royal* an der Sternwarte in Greenwich, beklagt.⁶⁰

Ungefähr eine Generation später als die erhaltenen niederdeutschen Handschriften des »Seebuches« und das Lansdowne Ms. datiert ein entsprechendes, nun gedrucktes Werk aus dem französischen Sprachraum, der anonym in Rouen erschienene »Routier de la mer« von 1502/10.⁶¹ Er wurde 1528 durch Robert Copland als »Rutter of the Sea« ins Englische übersetzt⁶² und beherrschte in – erheblicher – Erweiterung durch Pierre Garcie von 1520 bis 1643 in zahlreichen Auflagen unter dem Titel »Grant Routtier et Pyllotage et encrage de la mer« das Feld der französischen Seehandbücher dieser Zeit.⁶³ Garcies Werk ist das erste nordwesteuropäische Seehandbuch⁶⁴, das Holzschnitte mit Küstenansichten in seine Anweisungen aufnimmt. Außerdem liefert es erstmals eine Beschreibung der Koppelrechnung und der – für die Gezeitenrechnung von Bedeutung – Zeitbestimmung mit Hilfe von Nordstern und Kochab, dem zweithellsten Stern des Kleinen Wagens. Auch Regeln zur kalendarischen Bestimmung der beweglichen Kirchenfeste, besonders des Osterfestes, sind mit aufgenommen. Es ist daher mit Abstand die fortschrittlichste der drei Redaktionen.

Doch schon der Anonymus zeigt bei gleicher Art der Angaben eine erste Präzisierung des Rechenverfahrens: Er begnügt sich nicht mehr mit der Gleichsetzung der täglichen Verspätung mit einem Strich von $11^{\circ}15'$, sondern reduziert sie: 1 *quart de vant* (nämlich »Viertel« der südeuropäischen 8-teiligen Windrose, also wiederum $11^{\circ}15'$) soll nunmehr auf nur $22\frac{1}{2}$ Stunden gerechnet werden. Freilich geht diese Zuordnung auf Kosten der Bequemlichkeit, dementsprechend sieht sich die Schrift genötigt vorzurechnen: ... *pour*

*chascun quart de la lune .xxii. et demie. item pour deux quars .xlv. heures. Item pour trois quars .lxxvii. heures et demie. Item pour quatre quards quatre vingts dix heures ... Item pour seize quars .ccc. sioxante heures...*⁶⁵

Damit ist zwar die bisherige, astronomisch unhaltbare Gleichsetzung von 11°15' mit 12°11' aufgehoben, aber die nun vorgenommene Proportion mit 11°28' (tatsächliche mittlere Verspätung des Mondes in 22,5 h) noch immer nicht korrekt. Sie erklärt sich aus der Zugrundelegung des »bürgerlichen« Monats von 30 Tagen für eine Lunation (30 d x 24 h / 32 Strich = 22,5 h): *Ainsi ne trouveras que trente iours a chascune lune.*⁶⁶ In der praktischen Gezeitenrechnung ist jedoch mit diesem Wert noch nicht viel anzufangen, wenn dem an die Strich-pro-Tag-Rechnung gewöhnten Schiffer kein einfacheres Maß zur Bestimmung des Mondalters an die Hand gegeben wird. Und so folgt denn in den drei Drucken eine Wiederholung derselben Proportion mit Bezug auf das Mondalter in Vierteltagen (*quart de iour*): *Qui veult bien compter la lune par les iours lon doit prendre pour chascun quart de la lune trois quars et demy quart de iour une heure et demie. Item pour deux quars il ya ung iour et .iii. quars et demy quart de iour. Item a trois quars ya deux iours .iii. quars une heure et demie. ...*⁶⁷

Die im römischen Zahlssystem⁶⁸ kompliziert anmutende Rechnung – die erste Angabe einmal herausgegriffen – liest sich transkribiert:

$$1 \text{ quart de la lune} \approx \frac{3}{4}d + \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{4}d + 1\frac{1}{2}h$$

Dreiviertel des Tages (*quart de iour*) entsprechen 18 Stunden, die Hälfte eines weiteren Viertels sind 3 Stunden, die zusammen mit dem Zusatz von 1½ wiederum 22½ Stunden ergeben. Da auch diese Rechnung nicht bei jeder Bestimmung der Hochwasserzeit zumutbar ist, wird exemplarisch eine halbe Lunation vorexerziert.

Die Ausführungen sind trotz des an sich einfachen Sachverhalts nur mühsam verständlich, zumal in die Angaben in *quart de vant* bzw. *quart de la lune* im »Routier de la mer« noch Winkelangaben in *run* (Copland: *course*, Garcie: *ryn*, = 45°) eingestreut sind, so daß schon Copland und die *certaine conninge men of that scyence*, die ihm bei der Übersetzung zur Seite standen⁶⁹ offensichtlich Schwierigkeiten hatten, den Ausführungen zu folgen; ihre Übertragung enthält zahlreiche Fehler, die an einem durchdringenden inhaltlichen Verständnis zweifeln lassen. So sind nicht nur die römischen Ziffern der Beispielrechnung öfters unrichtig, sondern auch die besagten Winkelangaben in *run* zwischen den Stundenkreisen von Sonne und Mond, die nach jeweils 4 *quart de vant* gleichsam resümierend den zunehmenden Abstand des Erdrabanten verdeutlichen sollen, sind in Coplands »Rutter of the Sea« ohne sachgerechten Inhalt:

»Routier de la mer:«

Notat ung run deuant soleil o su lune o suest ...

Deux run deuant soleil o voest lune o su ...

Trois run de vant soleil o su lune o nordest ...

*Entre run de vant soleil o su lune o nort ...*⁷⁰

»Rutter of the See:«

Note one course before the son in the southe the moone in the easte ...

Two course before the sonne in the west the moone in the southe ...

The course before the sonne in the west the moone in the south ...

*Another course before the sonne in the southe the moone in the northe ...*⁷¹

Erst Garcie bringt unter Fortlassung der Peilungen der Himmelskörper im »Routier« eine Einheitlichkeit in die Darstellung. Er schreibt schlicht: *ung rym ... – deux rym ... – troys rym ... – quatre rym*.⁷² Es ergeben sich folglich Zweifel, ob diese Form der Gezeitenrechnung als verbreitet angenommen werden sollte. Wenn schon die engagierten nautischen Kreise um Copland hier an ihre Grenzen stießen, wie dann erst der durchschnittliche Schiffer. Angesichts der noch immer großen Ungenauigkeit, die dem ganzen Bestimmungsverfahren anhaftete, scheinen die Verbesserungen ein wenig hilflos und mehr dem astronomisch-gelehrten Bestreben nach theoretischer Genauigkeit und Harmonie Genüge zu tun als der Befriedigung praktischer Erfordernisse. Gewiß gab es Schiffer, die eine solche Berechnung – sowie die Zeitbestimmung mit Hilfe des Sternbilds des Kleinen Wagens – anstellen konnten. Es ist aber fraglich, wie weit und ob das an noch recht übersichtliche arithmetische Operationen gewöhnte Klientel der Schiffsführer seine angestammte Zuordnung von Mond- und Sonnenstand aufzugeben bereit war. Solchem Zweifel fügt sich reibungslos ein weiteres Detail der drei Schriften ein: Am Schluß der Gezeitenexkurse soll an einer Beispielrechnung das »Erlernte« rekapituliert werden. Der Anonymus stellt die Frage: *A xviii iours et a xviii heures la lune le soleil osu que maree sera a glenan* (Îles de Glénan/Südbretagne), und antwortet: *Il sera basse mer et la lune sera o noruoest et aura trois vents entre la lune ou le soleil*.⁷³ Diese Antwort mag im Privatissimum des nautischen

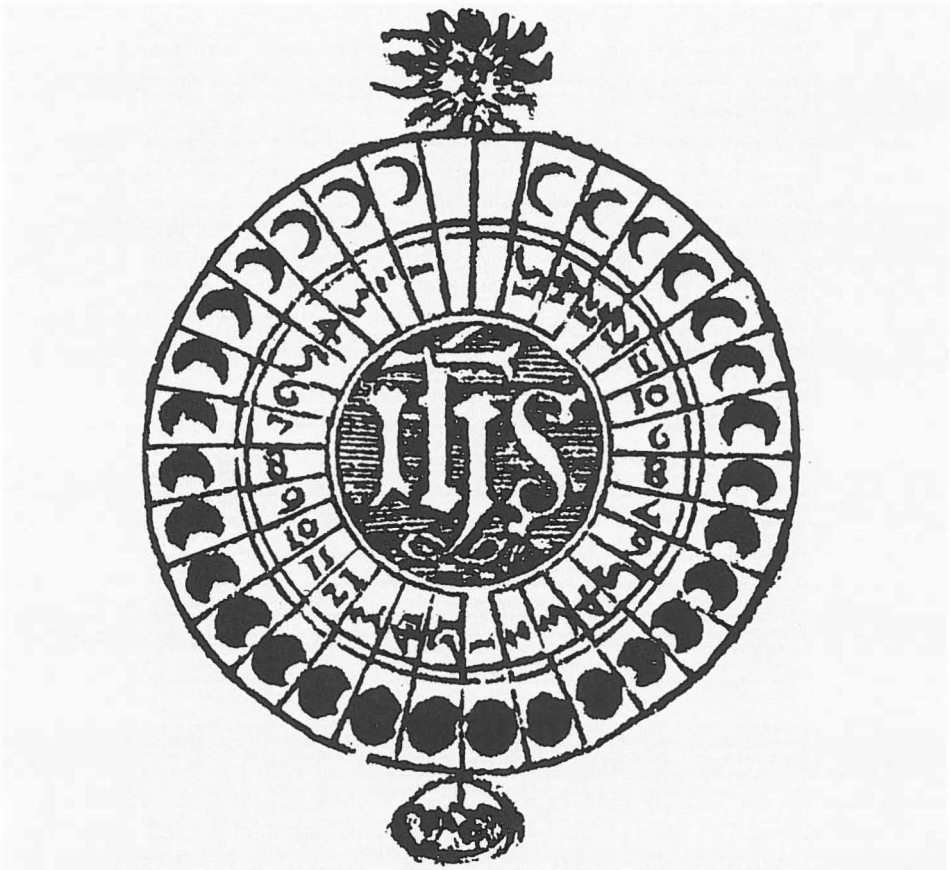


Abb. 3 Gezeitendiagramm der »Kaerte van dye Suyd zee« von 1540.

Unterrichts in einer bretonischen Kapitänsstube mit lobenden Kommentaren bedacht worden sein, aus den drei Schriften ist sie jedoch nicht abzuleiten, denn die hier vorausgesetzte Hochwasserzeit der Îles de Glénan wird nicht erwähnt. Schon das Beispiel war also nicht nachzuvollziehen.

Die gängige Praxis dieser Zeit geht wohl eher aus der »Kaerte van dye Suyd zee tot dat Ranserdyep toe« ... hervor, einer schlichten Segelanweisung der Zuidersee, die 1540 in Amsterdam gedruckt wurde. Sie enthält ein Diagramm, das in gewisser Weise an den Katalanischen Atlas erinnert, aber explizit die tägliche Verspätung des Mondes verdeutlichen soll (Abb. 3). Seine Legende erklärt: *Item die weten wil hoe veel die maen after dye zon of voor is. So salmen weeten dat die maen in een etmaal wasset oft mindert op dese ronde figuer alle dage een streke / ende .v. streken maken .iiij. vren / ende xv. streken maken .xij. vren / so is dye maen vol van die zon of. Daer bouen ende beneden dese ronde figuer staet.*⁷⁴

Hier begegnet erneut die Strich-pro-Tag Rechnung auf der 32teiligen Kompaßrose, was in Zeit einer 45-minütigen täglichen Verspätung des Mondes entspricht. Das hindert die »Kaerte« jedoch nicht, gleichzeitig mit der Information aufzuwarten, fünf Striche entsprächen vier Stunden, folglich ein Strich 48 Minuten. Das Diagramm spiegelt diese Ansicht freilich noch in keiner Weise wider. Weiterhin wird erklärt, es sei nach 15 Strichen oder 12 Stunden (Verspätung) Vollmond, was im Sinne des 30tägigen Monats verständlich wird. Dementsprechend ergeben sich als Überschuß der 32teiligen Kompaßrose zwei Leerfelder. Offenkundig bot selbst die Einsicht in den genaueren zeitlichen Zusammenhang des Mondlaufs keinen Anlaß, die bequeme Bestimmungsmethode des althergebrachten Verfahrens aufzugeben.

Immerhin tritt mit allen vier Schriften die bislang unübliche Duodezimalteilung, die Einheit der Stunde, in den Sinnzusammenhang nordwesteuropäischer Gezeitenrechnung. Zwar ist eine *fflod at london brigge* überschriebene und in Stunden eingeteilte Hochwasertafel bereits aus der ersten Hälfte des 13. Jahrhunderts erhalten, aber ihr Entstehungshintergrund ist eindeutig klösterlichen astronomischen Bemühungen zuzurechnen.⁷⁵ Die Handschrift stammt aus dem Kloster von S. Albans und wird auf den Abt John Wallingford († 1213) bzw. nach Eva G. R. Taylor auf Matthäus von Paris († 1259) zurückgeführt, da sie unter Handschriften gefunden wurde, die mit ihm in Verbindung gebracht werden⁷⁶:

<i>Ætas lunæ</i>	<i>Horæ</i>	<i>Minuta</i>
1	3	48
2	4	36
3	5	24
4	6	12
5	7	0
...
30	3	0

Neben dieser ist in der Handschrift eine weitere Tafel abgebildet, die in ähnlicher Weise die Zeit des nächtlichen Mondscheins, also die Sichtbarkeit des Erdtrabanten angibt. Beides war nicht nur in der Seefahrt, sondern auch an Land wichtig, besonders in einer Handels- und Hafenstadt wie London. Die Hochwasserzeit wird hier nicht auf die Peilung des Mondes bezogen, sondern auf die – wahre – Sonnenzeit. Man geht aus Erfahrung davon aus, daß am Syzygium das Hochwasser in London 3 Stunden nach der – gleichzeitigen – Kul-

mination von Mond und Sonne erfolgt⁷⁷, und setzt dies in Relation zur Sonnenzeit, dem zu Lande üblichen Zeitmaß. Da auch hier der 30tägige Monat zugrundeliegt, ergibt sich eine tägliche Verspätung der Mondkulmination von 48 Minuten ($24 \text{ h} : 30 \text{ d} = \frac{4}{5} \text{ h/d} = 48 \text{ min/d}$). Um nun die Zeit des Hochwassers zu erhalten, braucht der errechneten täglichen Mondkulmination nur das in späterer Terminologie sog. »Mondfluth-« oder »Hochwasserintervall« bzw. die »Hafenzeit« von 3 Stunden addiert zu werden. Derselbe Sachverhalt, der im mondbezogenen Peilungsdenken der Seeleute zur Strich-pro-Tag-Rechnung führte und dessen Korrektur der anonyme Verfasser des »Routier« vom selben gedanklichen Ausgangspunkt anstrebte, ergibt im sonnenbezogenen Zeitdenken des von der gelehrten Zeitrechnung geprägten öffentlichen Lebens an Land die 48-Minuten-Regel. Die zeitliche Differenz beider Systeme ist freilich gering, sie beträgt 3 min/d, da der Stundenkreis der Sonne für den 32sten Teil (1 Strich) eines Umlaufes von 24 Stunden nur 3 Minuten weniger (45 min) benötigt, als der Verfasser der Tafel dem Mond an täglicher Verspätung zugesteht. Mit Wissen um die halbmonatliche Ungleichheit, die an den Syzygien (resp. zur Springzeit) die tägliche Verspätung der Hochwasserzeit gegenüber derjenigen zur Zeit der Quadraturen (resp. zur Nippzeit) verkürzt, ist daher das System der Strich-pro-Tag-Rechnung zur Springzeit tendenziell genauer, zur Nippzeit umgekehrt.

Der Umbruch, der sich im »Routier« und seinen beiden Derivaten andeutet und auf eine Vermittlung beider Ansätze zielt, bestimmt die Entwicklung der folgenden Jahrhunderte. Nicht nur das Maß der täglichen Sonnenbewegung, die Stunde, beansprucht zunehmend einen Platz in der Gezeitenrechnung, sondern auch einfache kalendarische Grundregeln finden Eingang in die betreffenden Kapitel der langsam zunehmenden Zahl nautischer Lehrwerke. Allerdings kann man sich bisweilen nicht des Eindrucks erwehren, als hätte die Genugtuung über den damit erzielten Fortschritt das Bemühen um eine Verbesserung des eigentlichen Bestimmungs- und Berechnungsverfahrens behindert. Doch greifen wir der Entwicklung nicht vor.

Die Ermittlung des Mondalters

Schon der »Katalanische Atlas« enthält unmittelbar neben dem bereits abgebildeten (Abb. 2) ein weiteres Kreisdiagramm für kalendarische Zwecke. Seine Besonderheit war eine – inzwischen verlorene – drehbar aufgeheftete Figur, deren eine Hand – ähnlich der Rete eines Astrolabiums – nach der Legende des Diagramms auf Fastnacht, die Mütze auf Pfingsten und der Schwertknauf auf Ostern zeigten, wenn die andere Hand auf die sog. Goldene Zahl ausgerichtet wurde.⁷⁸ Mit der Goldenen Zahl, dem *numerus aureus*, wird seit der Antike das Jahr im ca. 19jährigen metonischen Mondzyklus gezählt, nach dem die Mondphasen wieder annähernd auf dasselbe Datum fallen. Die Goldene Zahl vergrößert sich jedes Jahr um 1, zählt bis 19 und beginnt dann wieder von vorn: Die Figur im Atlas wurde ein Feld vorgerückt. Die weitere Rechnung übernahm die Anordnung ihrer Glieder und Utensilien, deren Grundlage neben den Regeln der christlichen Festrechnung in bezug auf das Osterdatum die Zuordnung der Epakten war. Sie dienen zum Ausgleich des 11tägigen Unterschiedes zwischen dem rund 365tägigen Sonnenjahr und dem ca. 354tägigen Mondjahr ($29,5 \text{ d} \times 12 \text{ Mon.}$) und hängen folglich von der Goldenen Zahl ab. Zur Zeit des »Katalanischen Atlases« rechnete man noch nach den sog. Dionysischen (nach Dionysius Exiguus) oder Bedanischen (nach Beda Venerabilis) Epakten, die das Mondalter in Tagen am 22. März bezeichneten. Die Epakten erhöhen sich jedes Jahr um 11, nur am Ende des 19jährigen Zyklus erfolgt ein Zwölfersprung. Die Zahlen dürfen aber 30 (Monatstage) nicht übersteigen, so daß bei ihrer Berechnung entsprechend subtrahiert werden muß. Für

die ersten vier Jahre des Mondzyklus (GZ 1-4) ergeben sich zum Beispiel die Bedanischen Epakten 0 – 11 – 22 – 3 – 14 usw. Die Zuordnung war jedoch nur im Julianischen Kalender konstant. Dessen durchschnittliches Jahr von 365,25 Tagen war zu kurz, so daß sich der astronomisch berechnete Ostertermin im 16. Jahrhundert um 10 Tage verschoben hatte. Deshalb ließ die Gregorianische Kalenderreform 1582 dem 4. Oktober gleich den 15. folgen und erhöhte die durchschnittliche Jahreslänge auf 365,2425 Tage, indem sie alle nicht durch 400 teilbaren Säkularjahre zu Gemein Jahren erklärte (= Sonnengleichung).⁷⁹ Damit ergaben sich auch neue Epaktenreihen. Man schuf eine sog. Julianische Epakte, die das Mondalter am Jahresanfang bezeichnete und von März bis Ende Februar des folgenden Jahres galt, sowie eine Gregorianische Epakte, die den (bis 1699) zehntägigen Unterschied beider Kalender berücksichtigte. Die Julianische Epakte errechnete sich aus dem Rest des um jedes ganzzahlige Vielfache von 30 verminderten Produkts aus der Goldenen Zahl und dem 11tägigen Unterschied von Sonnen- und Mondjahr. Die Gregorianische Epakte ließ sich entweder von der Julianischen ausgehend berechnen, indem deren Wert (bis 1699) um 10 vermindert wurde, oder aber nach verschiedenen Verfahren direkt, was uns unten noch begegnen wird. Wegen der nicht durch 400 teilbaren Säkularjahre, in denen der Schalttag weggelassen wurde, ergab sich unter dem neuen Kalender im Jahre 1700 eine veränderte Zuordnung, nach der die Julianische Epakte um 11 vermindert und die direkten Berechnungsverfahren angepaßt werden mußten. Im Jahr 1800 – ebenfalls nicht durch 400 teilbar – hoben sich jedoch Sonnengleichung und Mondgleichung⁸⁰ auf, so daß die nächste Änderung sich erst im Jahre 1900 ergab.

Mit Hilfe der Goldenen Zahl und der Epakte ist es möglich, in einem beliebigen Jahr die Mondphasen (angenähert) und damit das Mondalter zu bestimmen. Daher begannen sich auch die Verfasser nautischer Lehrbücher für sie zu interessieren, sobald sie der Meinung waren, daß die Gelehrigkeit ihrer Schüler dadurch nicht überfordert würde. Im mediterranen Bereich scheint diese Bedingung – zumindest bei einzelnen Seeleuten – bereits in der ersten Hälfte des 15. Jahrhunderts erfüllt gewesen zu sein, denn schon bei der Lektüre des »Trattato di Nautica« aus der Feder des venezianischen Schiffers Pietro de Versi, abgefaßt 1444/1445, wird der Leser geradezu überschüttet mit einer Fülle kalendarischer Berechnungen, die sich mit sichtlicher Freude den beweglichen Kirchenfesten, den Mondphasen und diversen astrologischen Daten widmen. Versi verwendet bereits das arabische Zahlensystem, das sich in Nordwesteuropa erst im 16. Jahrhundert durchsetzt.⁸¹ Mit welchem Verständnis man hier rechnen mußte, erhellt aus der 1580 in Antwerpen erschienenen »Nieuwe Onderwijsinghe op de principaelste puncten der Zee-vaert« des Michiel Coignet, ein Buch, das ein Jahr später in Amsterdam auch in französischer Sprache veröffentlicht wurde und dessen englische Bearbeitung, John Sellers »Practical Navigation or an Introduction to the Whole Art«, noch während der Wende vom 17. zum 18. Jahrhundert weitreichende Bedeutung verbuchen konnte. Coignet umgeht in seinem Kapitel *Vande Watergetijden* den Begriff der Goldenen Zahl vollständig, indem er seine Leser in einer wiederum als Kreisdiagramm ausgeführten, 19teiligen Zahlenfolge mit den Anfangsjahren 1576 und 1595 (GZ = 19) das aktuelle Jahr abzählen läßt, um zur Epakte, *den sleutel*, zu gelangen (im Gezeitenrechner, Abb. 11).

Das weitere Verfahren läßt allerdings das Rechnen nicht ganz vermeiden, es wird in barocker Redundanz übergenu und mit zahlreichen Beispielen erläutert: Der Epakte werden die Anzahl der verfloßenen Monate seit Februar und das Tagesdatum hinzugefügt, wodurch man direkt das Mondalter erhält. Zum Nachvollzug werden lediglich schlichteste Regeln der Addition benötigt: *Item wildy seer lichtelijcken tot allen daghen vander Maent den ouderdom der Manen weten / soo vindt eerstmael den Sleutel der Manen / diemen de Epacte oft Concurrente*⁸² *noemt: De welcke wy in dit instrument gheteekent hebben / tus-*

schen twee circulen / ende loopt alle 19. iaren eens om / beghinnende daer wy het ☿ ghestelt hebben / met de volcomen Jahren Christi 1576. Dus telt vanden sleutel 29. (staende onder het ☿) uwe iaren naert iaer 1576. tot dat ghy eynt op v iaer datter loopt / soo sal de tellinghe eynden opt ghetal dat uwen sleutel van dien iaer sijn sal / die v dienen sal / van Meert beginnende tot Meert int naest volghende iaer.

Dus hebben wy aent ☿ ghestelt Anno 1576 daert begost heeft / ende Anno 1595. daert widerom beginnen sal: De sleutel dan vant iaer 1576. was 29. van 1577. was 11. van 1578. was 22. ende nu vant iaer 1579. is hy 3. ende Anno 1580. soo sal hy 14. sijn / ende soo voorts tot Anno 1595. sal hy wederom beghinnen 29. ghelijck de ronde wijst. Als ghy dan den sleutel der Manen van uwen Iare hebt / so doet daer toe tgetal van uwer maenden (aen Meert beghinnende) met tgetal der daghen van uwer teghenwoordighe maent: De somme sal den ouderdom der Manen wesen. Ist tgetal ouer 30. soo worpt 30. daghen wech / ende de reste is den ouderdom.⁸³

Nahezu gleichzeitig, nämlich im vier Jahre jüngeren »Spiegel der Zeevaert« setzt Lucas Janszoon Waghenaer bereits ein anspruchsvolleres Verfahren voraus. Er erklärt zunächst, wie man *sonder eenich ghebruyck van Boecken ofte Almanacken das gulden ghetal* im Rest der durch 19 dividierten Differenz des aktuellen Jahres und der letzten Jahrhundertwende ($GZ = 19$) finden kann. Dann verweist er – in seinen nicht durchweg stringenten Ausführungen – auf eine in den folgenden Jahrhunderten immer wiederkehrende Regel, *op de drie litten vanden duym* (auf den drei Gliedern des Daumens) zu rechnen.⁸⁴

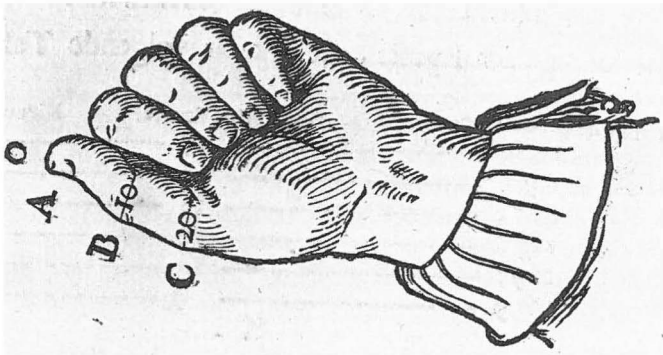


Abb. 4 Daumenregel zur Berechnung der Epakten aus Gietermaker 1677.⁸⁵

Die Goldene Zahl wird mit dem Finger auf dem Daumen ausgezählt. Endet sie auf der Daumenspitze, sind sie und die Epakte gleich, endet sie auf dem mittleren Glied, ist sie um 10, auf der Daumenwurzel um 20 zu erhöhen. Freilich gilt diese Zuordnung nur für die Jahre 1582-1699 des Gregorianischen Kalenders, *de nieuwe rekeninghe vande Jaren* oder *nieuwe Stijls*. In den noch *ouden Stijls* rechnenden Ländern – denn die Kalenderreform Papst Gregors geriet schnell in die konfessionellen Auseinandersetzungen und wurde keinesfalls sogleich von allen Ländern übernommen – gilt die Zahlenfolge 10 – 20 – 0. Peter van der Horst bietet alternativ zur Daumenregel auch noch die arithmetische Methode, vermeidet aber die Subtraktion:

*Multipliert dat guelden Getall / alsz de 18. mit 11. so kuempt 198 / doet dar noch 20. tho (wegen der Gregorianischen Kalenderreform) / so ys dar 218 / dit divideret dorch 30. so blifft 8. vor den Epacta.*⁸⁶

Nach 1700 ergaben sich Probleme, weil die Zuordnung nicht mehr mit einem einfachen

Dezimalsprung zu lösen war. Jan Juriaan Fruchtnicht, zweiter Navigationslehrer des *vrye Zeemanns Collegie* der Hamburgischen Admiralität, behilft sich in seinem wohl in den sechziger Jahren erstmalig erschienenen, wohlweislich auf das Nötigste beschränkten Navigationslehrbuch, »De kleene Zeemans-Wegwyzer«, mit einer Tabelle. Die Verminderung der Epakte ab dem Jahr 1800 ist freilich falsch, denn die durch die Sonnengleichung bedingte Auslassung des Schalttages in diesem Jahr hebt sich, wie gesagt, mit der Mondgleichung auf. Die Epakten der oberen Reihe laufen daher weiter bis zum Jahre 1900:

A	B	C	
29.	9.	19.	1700
28.	8.	18.	1800

*Telt het gevonden Gulden Getal A. voor 1, B. voor 2, C. voor 3, en dan wederom A. voor 4, B. voor 5, C. voor 6, en zo voort tot dat men het Getal heeft van het Gulden Getal. In dien het Eyndigt op A. moet er 29 op B. 9 en op C. 19. by het gulden Getal gedaan worden, de Somme is voor de begeerde Epacta na de Nieuwe Styl, zoo die minder is als 30, Maar meer als 30 zynde, deelt het door 30, het Overshot is voor de begeerde Epacta, of Maans Ouderdom den eerste Mart.*⁸⁷

Die ganze Breite des Verfahrens wird in einem der beliebtesten Navigationslehrbücher dieser Zeit dargelegt: »t vergulde Licht der Zeevaart; ofte Konst der Stuurlyuden«, besser bekannt unter seinem Zweititel »Schat-Kamer ofte Konst der stuerlieden«, von Claas Hendricz. Gietermaker, *Examineur* der VOC. Es erschien erstmalig 1660 und erlebte bis 1774 vierzehn Auflagen.⁸⁸ Wenn in diesem Zeitraum im niederländisch-niederdeutschen Sprachraum von »Schatkamer« die Rede ist, so bezieht sich dies auf dieses grundlegende und mit zahlreichen trigonometrischen Tafeln versehene Werk.⁸⁹ Gietermaker bietet gleich vier Methoden, die Goldene Zahl zu errechnen (selbst für Jahre vor der Zeitenwende), drei Verfahren zur Errechnung der Epakte (Kreisdiagramm, arithmetische Methode u. Daumenregel), berücksichtigt den Julianischen und den Gregorianischen Kalender und empfiehlt wie schon van der Horst⁹⁰, sich bei der Berechnung des Mondalters nicht weiter als 15 Tage vom Syzygium zu entfernen, sondern wegen des zugrundegelegten 30tägigen Monats gegebenenfalls das nachfolgende Syzygium heranzuziehen. Sein *Exempel* mutet auch formal nahezu modern an:

Anno 1666 den 17 May / wert gevraeght na de Maens ouderdom? Antwoort 14 dagen.

Ontbinding

24 d'Epacta.

3 maenden van Maert.

Addeert

17 dagen der Maent.

44 somme

treckt

30

rest

*14 dagen voor de maens ouderdom.*⁹¹

Zusätzlich erleichtert er seinen Schülern die Ermittlung durch eine eingebundene Rechenscheibe, deren drehbarer Zeiger nach Einstellung auf die Goldene Zahl oder Epakte unmittelbar das Monatsdatum des Neumondes ablesen läßt (Abb. 5).

Schiffen dieses Raumes standen also derartige Informationen seit der zweiten Hälfte des 16. Jahrhunderts zur Verfügung. Es stellt sich allerdings die Frage, ob der Vorstellung Realistik zukommt, daß sie sich vor jedem Landfall in die Kajüte zurückzogen, um wie im abgeschiedenen Studierzimmer die Mondphasen zu berechnen, die sich ihnen täglich – viel

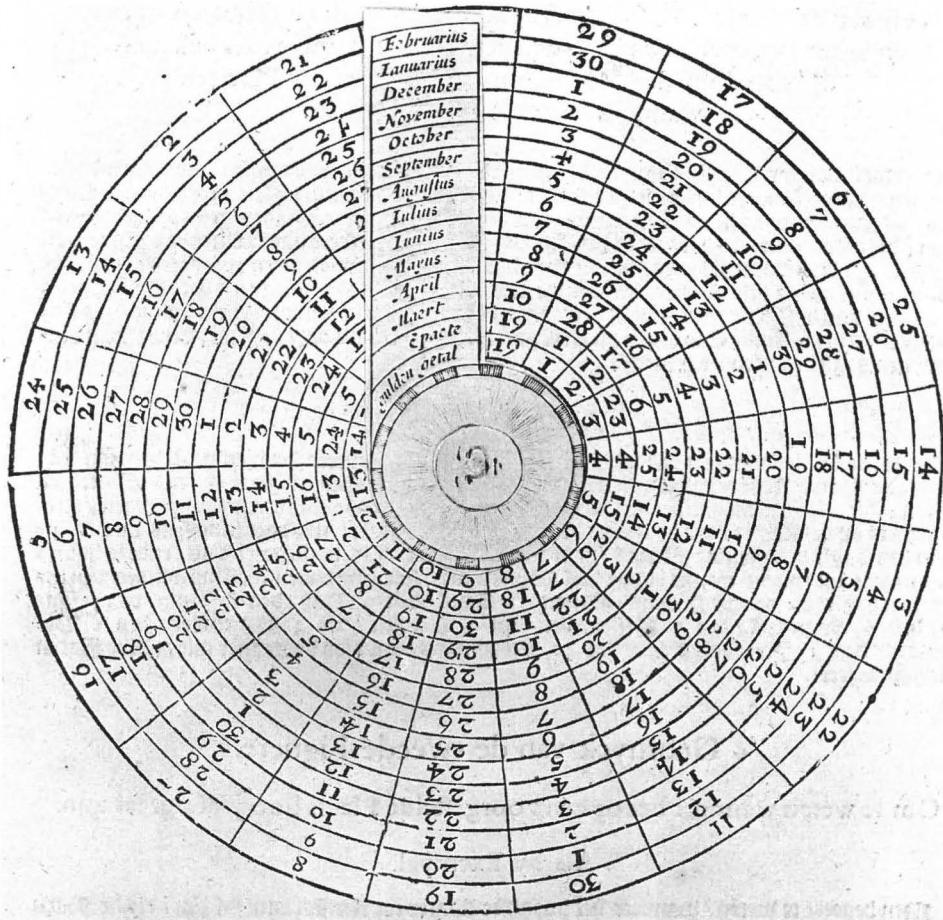


Abb. 5 Errechnung des Neumondes aus Gietermaker 1677.⁹²

verlässlicher – direkt präsentierten. Der Schiffer befand sich ja ebenso wie wir in einem kalendarischen Kontinuum, in dem er über einen längeren Zeitraum die tägliche Verspätung der Gezeit verfolgen konnte, ohne entweder mühsam im Rekurs auf Goldene Zahl und Epakte das Mondalter oder auf dessen Grundlage die Hochwasserzeit berechnen zu müssen. Die einfachste Regel der Bestimmung war, daß der Mond resp. das Hochwasser des aktuellen Tages ein bestimmtes Intervall später eintraf als am vorigen. Auch wir rekurren schließlich bei der Frage nach dem Wochentag nicht auf den Sonntagsbuchstaben, die *littera dominicalis*, und die anderen kalendarisch relevanten Größen, sondern orientieren uns am Vortag. Zudem liegt die Fehlerquote dieses nur angenäherten Berechnungsverfahrens leicht bei einem Tag, wie nicht nur 1653 von Cornelis Janszoon Lastman konzipiert: *Doch een yeghelijck (die dese reeckeningh gebruyckt) behoort te weten/ dat de selve rekeningh wel een gheel Etmael vande ware ouderdom des Maens verscheelen mach.*⁹³

Der dadurch entstehende Fehler von 48 Minuten wurde aus Gründen methodischer Einfachheit augenscheinlich in Kauf genommen und auch nicht als bedeutsam empfunden, denn Peter van der Horst schreibt zwanzig Jahre später: *Disse Rekening vorschelet wol althomit einen helen oft halven Dach / ydt kan averst in de Tide Reckning wenig Vorschell*

bringen / den ein Dach vorschelet in de Getide 48. Minuten / $\text{ys } \frac{4}{5}$ Deel van ein Uhr / ydt werd averst wegen des korten Begripes up disse Art angewiset.⁹⁴

Der Autor des ersten von einem deutschen Navigationslehrer geschriebenen Lehrbuches, Hans Tangermann, konnte sich vielleicht deshalb nicht durchsetzen. Er hatte 1655 im »Wechwyser tho der Kunst der Seevaert«, der wesentlich aus Lastman schöpft, auf Fehler bis zu zwei Tagen hingewiesen und ein abgewandeltes Verfahren dargelegt: *Docht ock alletyt by juwen Epack unde Maenten de voer vorloopen Maents Dagen / denn idt muth um de Orsake geschehen dat etlicke Maenten 31. Dagen hebben / anders scholde idt wol twee gantze Dagen edder tweemahl 24. Stunden vorschelen / dar idt doch gelykwol Fauten genoch underworpen ys.*

Als men den Epack gefunden hefft... und men begehret den NyenMaen tho wehten so fanget van Marty an tho tellen (Marty vor de erste Maent gerekent) beth tho de Maente / dar men den Nyen Maen in beghret tho wehten / doht dartho den Epack van dem Jahr nevenst de Dagen / de in de voerige Maente vorloopen sint / de Summe van 30. subtraheret / yssst averst mehr als 30. so subtraheret van 60. so idt averst noch mehr ys als 60. so subtraheret van 90. de Rest toeget an den Dach in de Maent des NyenMaens / wenn men dar wedder 15. van subtraheret / toeget an den Vollmaen so gepasseere [vergangen] ys / addeeret men averst 15. Dagen tho den Dach des NyenMaens / so bekumt men den nafolgenden Dach des VollMaens.⁹⁵

Er steht jedoch hiermit allein, denn weder die besondere Berücksichtigung des zuletzt vergangenen Monats noch die Subtraktion der errechneten Summe vom vollen Monat finden sich in anderen Werken wieder. Man sollte deshalb davon ausgehen dürfen, daß das Gros der Schiffer ohnehin den einfacheren Weg der Beobachtung und des Mitzählens des Mondalters wählte und der arithmetische Weg nur Notbehelf war. Das stützt möglicherweise auch eine – allerdings auf die Verwendung von *Calendern* bei der Gezeitenrechnung zielende – Bemerkung der 1778 veröffentlichten »Anleitung zur Steuermannskunst« des Greifswalder Professors für Mathematik und Astronomie Lambert Hinrich Röhl: ... *ob ich gleich es nicht fuer noethig halte, daß er [der Schiffer] deswegen die Neumonde selbst auszurechnen wissen muesse.*⁹⁶

Die Ermittlung der Hochwasserzeit

Goldene Zahl und Epakte waren noch mit elementarsten Rechenkünsten zu bewältigen. Die Umrechnung der – vermeintlich – bei einer bestimmten Mondpeilung einsetzenden Gezeit, was später als Hafenzeit bezeichnet wurde, in die in Stunden gemessene Sonnenzeit und ihre tägliche Verspätung scheint die größere Hürde gewesen zu sein. Um sie zu meistern, entstand eine Vielzahl von Hilfsmitteln und Verfahren, die wiederum gern auf Kreisdiagramme bzw. kreisförmige Rechner zurückgriffen.⁹⁷ Es liegt auf der Hand, daß die zahlreichen Funktionen, in denen derartige Hilfsmittel bereits im Mittelalter – z. B. im Katalanischen Atlas – in Komputistik, Astronomie, Astrologie etc. verwendet wurden, dazu verlockten, sie auch auf die Nautik anzuwenden. Zyklisches Denken gehörte zu den Grundvoraussetzungen des Weltverständnisses jener Zeiten, und in der Gezeitenrechnung fand es schon durch die kalendarischen Zyklen genügend Bestätigung. Einer der ersten, die sich der Vereinfachung dieses so wichtigen Komplexes annahmen, war der Bretoner Guillaume Brousson aus Le Conquet, dem Hafen von S. Mathieu an der bretonischen Westspitze. Er gab seit 1543 ein Seehandbuch heraus, in dem alle entscheidenden Gezeitendaten in bildlicher Darstellung gegeben werden.⁹⁸ Nach Gernez hatte er bereits früher ähnliche schriftlose Holzschnitt-Almanache für leseunkundige Bauern veröffentlicht, aus denen ein

Mondkalender auch in das nautische Büchlein Eingang fand.⁹⁹ 1548 folgte eine erweiterte Bearbeitung des Seehandbuchs, die sich offenkundig an besser ausgebildete Kapitäne und Steuerleute wandte, denn sie enthält durch zahlreiche Beispiele verdeutlichte Anweisungen zur astronomischen Breitenbestimmung und Deklinationstabellen, deren Verständnis ohne Schriftkenntnisse kaum erfolgen konnte. Auch der Mondkalender und eine Seekarte (vom westlichen Mittelmeer und der Nordküste Afrikas über Südschottland bis zur westlichen Ostsee) sowie Abbildungen der wichtigsten zeitgenössischen Schiffstypen fehlen nicht. Die Gezeitenrechnung ist ebenfalls unter leichter geographischer Erweiterung von der älteren Ausgabe übernommen, aber auf das Wesentliche gekürzt. So wird nicht mehr für jede der acht wichtigsten Strichpeilungen (N – NE – E ...) ein separates Diagramm mitgegeben, sondern nur noch das der für Le Conquet geltenden Hafenzeit NE/SW¹⁰⁰, wobei er voraussetzt, daß die Leser in der Lage sind, es entsprechend der jeweiligen Hafenzeit – die auf seinen Karten nur im Bereich real möglicher Mondpeilungen zwischen WNW und SEzE variiert – zu benutzen. Die ehemals durchweg verwendeten römischen Zahlen sind dem arabischen System gewichen. Der Weg zur aktuellen Hochwasserzeit eines Hafens ist bei Brousson denkbar einfach. Man sucht auf den Übersichtskarten (Abb. 6) den gewünschten Hafen, verfolgt die nächstliegende Linie zu einer der Windrosen und liest dort – mit Vorsicht, denn die Rosen entsprechen nicht der Orientierung der Karte – die Peilung ab. Hiermit geht man in das Gezeitendiagramm ein. In ihm geben konzentrische Kreise von außen nach innen das Mondalter (in 29 Teilungen), die Mondphasen und ihre (um 2 Tage) verspätete Wirkung auf die Gezeiten, dann die Stunde des Hochwassers und schließlich die des Niedrigwassers an (Abb. 7). Im Zentrum zeigt eine Windrose die Orien-

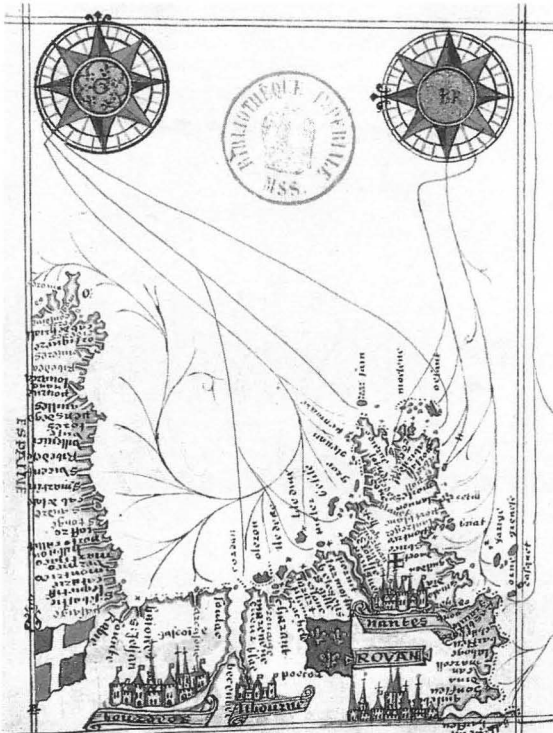


Abb. 6 Hafenzeiten aus Brousson 1548.¹⁰¹

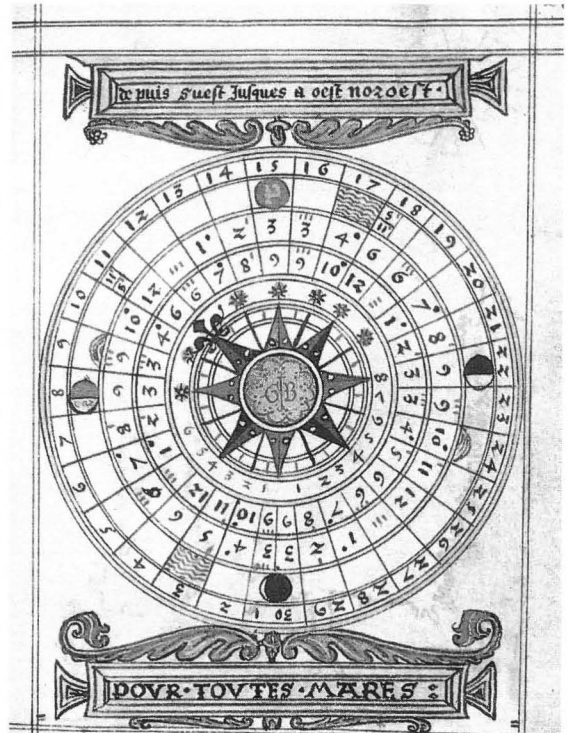


Abb. 7 Gezeitendiagramm aus Brousson 1548.¹⁰²

tierung des Diagramms und die direkte Peilung des Mondes zur Hochwasserzeit für 8 Tage vor oder nach dem Syzygium. Man braucht also lediglich dem Mondalter des Striches der abgelesenen Hafenzeit das aktuelle Mondalter zu addieren (oder von dort weiterzuzählen), um die Hochwasserzeit zu erhalten. Das Mondalter, wenn nicht ohnehin durch *day-to-day account*¹⁰³ bekannt, ist gegebenenfalls auch dem separaten Mondkalender zu entnehmen.

Das Kuriosum des zunächst wegen der 29-Tage-Teilung des Umkreises so vielversprechenden Diagramms ist seine Berechnungsgrundlage: Sie ist nichts anderes als die Strichpro-Tag-Rechnung, die jeder Kompaß auch ohne ein spezielles Hilfsmittel ermöglichte, denn die tägliche Verspätung der Tide – genau genommen jeder zweiten – beträgt in der nur über Stundenbruchteile angegebenen Zeit¹⁰⁴ jeweils 45 Minuten. Daher auch die unrealistische »doppelte« Hochwasserzeit am Tage des Syzygiums und der zweifache 90-Minuten-Sprung vom 10. zum 11. und vom 17. zum 18. Tag der Lunation. Es ist nicht zu erkennen, warum die zweite Korrektur ausgerechnet an diesen Terminen angebracht wird. Circa vier Tage vor dem Syzygium liegt zwar tatsächlich das Maximum der täglichen Verspätung (Abb. 13), jedoch würde dies nur die Wahl des ersten Termins erklären, denn vier Tage nach dem Syzygium hat jene ihr Minimum, ein 90-Minuten-Sprung ist hier also besonders unangebracht.¹⁰⁵ Die früheren Auflagen Brouscons fügen diese Korrektur kommentarlos ein, nur die jüngste (abgebildete) Auflage »mogelt«, als seien ihr Zweifel gekommen, an beiden (!) Terminen einen Zwischenwert ein.

Es soll hier nicht die Frage diskutiert werden, mit welcher Verbreitung bei diesem Werk zu rechnen ist – immerhin sind 6 Exemplare¹⁰⁶ und eine »Übersetzung« ins Englische durch John Marshall¹⁰⁷ erhalten – und ob bretonische Schiffer die akribische Ausführung des ornamentalen Schmuckwerks seiner Vignetten zu schätzen wußten. Gewiß kann man davon ausgehen, daß die bibliophile Ausführung – auch der früheren Ausgaben – die finanziellen Verhältnisse der Schiffsführer kleinerer (Küsten-)Schiffe überstieg und vornehmlich wohlhabendere Kapitäne angesprochen werden sollten. Wenn aber ein Kenner der hochentwickelten und blühenden Nautik dieses Gebietes¹⁰⁸ – und darum handelt es sich hier ohne Frage – in dieser Zielgruppe Absatzchancen für ein Buch für Analphabeten sah, muß ein nicht unbedeutender Teil bar jeder Schulausbildung gewesen sein. Analphabeten waren freilich auch für die Anweisungen nautischer Lehrbücher unerreichbar.

Ganz ähnliche Verhältnisse finden wir an der gegenüberliegenden Kanalküste. 1569 fügt dort der Arzt Philip Moore aus Halesworth/Suffolk, kein Seemann also, seinem »Almanacke and Prognostication for the terme of fourtie yeres to come« als Lern- und Gedächtnishilfe ein ähnliches, aber noch einmal vereinfachtes Diagramm bei, *A verie plaine and perfecte Table, called by some mariners the Flye... easie to be comprehended, and borne in mynde of yonge sailers*¹⁰⁹, in dem selbst die Namen der Hafenorte zusätzlich durch finger-nagelgroße Allegorien und Symbole verdeutlicht sind.¹¹⁰ So stehen für *pen marke* (Penmarc'h/Bretagne) drei Federkiele, für *Sporn* (Spurn Head am River Humber) eine Spore und für *belliel* (Belle Île) eine Glocke. Manche Orte wie *forn rock* (Le Four/Nordbretagne) und *de vij cliffe* (The Seven Sisters, ein Kliff westlich Beachy Head) sind in schematisierter Form dargestellt (Abb. 8). Der Artikel *de* vor einigen Ortsnamen und die Abbrueviatur für »¹/₂« *d* (für *demie*) legen eine west-niederländische (Flandern, Brabant) Vorlage nahe.

Der nächstinnere Kreisring ist nicht mit letzter Sicherheit zu enträtseln. Bosanquet vermutete hierin Hinweise auf den Ankergrund. Der Verf. ist eher geneigt, in den drei unterschiedlichen Zeichen Strombesonderheiten symbolisiert zu sehen. Schon im oben erwähnten Lansdowne Ms. wird zwar in der Regel davon ausgegangen, daß der Stromwechsel gleichzeitig mit Hoch- und Niedrigwasser erfolgt, es fallen aber des öfteren Bemerkungen in der Art: ... *unto Hastyngis* (Hastings) *half tide as by cheffe* (Beachy Head) *quarter tide* ...¹¹¹ Bei Hastings soll der Strom noch *half tide*, also 3 Stunden über HW hinaus laufen,

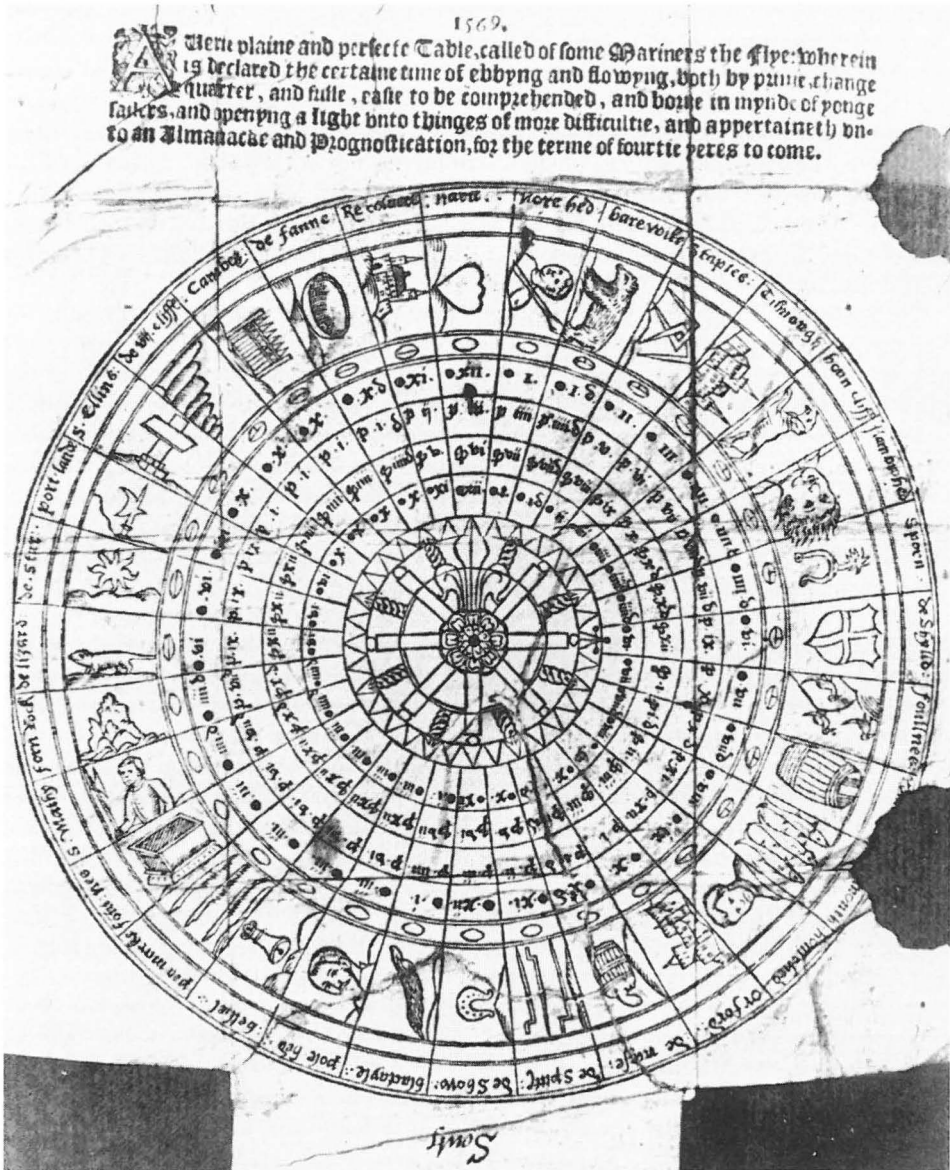


Abb. 8 Gezeitendiagramm »The Flye« aus Moore 1569.¹¹²

bei Beachy Head *quarter tide*, demnach $1\frac{1}{2}$ Stunden.¹¹³ Möglicherweise besteht zu diesem Sachverhalt eine Verbindung, denn die Symbole des ganzen (StW = HWZ/NWZ), des halben (*half tide*, StW = HWZ/NWZ + 3 h) und des Viertelkreises (*quarter*, StW = HWZ/NWZ + $1\frac{1}{2}$) passen durchaus zu diesem Zweck. Im nächsten Kreisring scheint die der Peilung der Kompaßrose im Zentrum entsprechende Uhrzeit der Hafenzeit bei *change* (Neumond) angegeben, jedoch sind auch andere Deutungen möglich. Die Hauptwindrichtungen N, NE, E, SE usw. sind nach dem damaligen Verständnis richtig mit 12, 3, 6, 9 usw. bezeichnet. Bei den Zwischenrichtungen ist der Versuch einer unbeholfenen Näherung im

ersten und zweiten Sektor unverkennbar, dann wiederholen sich die Zahlen, so daß man den Eindruck gewinnt, dem Kopisten habe es an inhaltlichem Verständnis gefehlt.¹¹⁴ Es folgen die Zeiten für *prime* (Mond als Sichel, Mondalter ≈ 4 d), *quarter* (erstes und letztes Viertel) und *full* (Vollmond), ebenso mechanistisch aneinander gereiht. Das Diagramm setzt somit – wenn diese Interpretation richtig ist – überhaupt keine Addition und nicht einmal ein Abzählen mehr voraus, sondern vermittelt in nur noch gröbster Näherung, dem 3-Stunden-Intervall, eine Vorstellung von der zunehmenden Verspätung der Gezeit. Man darf wohl dennoch die Strich-pro-Tag-Rechnung als bekannt voraussetzen und annehmen, daß von den angegebenen Grundpeilungen entsprechend dem Mondalter weiter gezählt wurde, um das aktuelle Hochwasser zu erhalten.

Das Spektrum der persönlichen Voraussetzungen der Schiffer und der ihnen möglichen Verfahren ist aber außerordentlich weitreichend. Das belegen zum Beispiel die Ausführungen der umfangreichen, systematisch angelegten schottischen Schrift »The booke of the Sea Carte«.¹¹⁵ Sie ist undatiert, aber dem Ende des 16. Jahrhunderts zuzuordnen, denn es lassen sich Beziehungen sowohl zum französischen Kartographen Nicolas de Nicolai als auch zu Alexander Lyndsay, dem Piloten des schottischen Königs Jakob V., wahrscheinlich machen.¹¹⁶ Nach einem umfangreichen *Rutter*, einer Segelanweisung für Schottland und England einschließlich zahlreicher kontinentaler Häfen von der Biskaya bis *Hambroughe* (Hamburg), sowie einer Reihe von Seekarten folgen Erklärungen der grundlegenden Zusammenhänge von Ebbe und Flut. Neben der Erläuterung der wichtigsten Zyklen, *the mydelle mocion and equall course of the mone from chaunge to chaunge, contayneth orderlye xxix dayes xij howres and xliiij mynytes*¹¹⁷, geht es um ptolemäische Epizykel, die wechselnde Mondentfernung und astronomische Grundlagen, *as philosophy teacheth and dayly experyence dothe testifye*.¹¹⁸ Dann wird – für nautische Zwecke – die Umlaufzeit des Mondes in Stunden und *pointes* (Striche) aufgelöst, wie es bereits im »Routier de la mer« und seinen Derivaten begegnete. Aufgrund des hier richtig angesetzten synodischen Monats ergeben sich statt $22\frac{1}{2}$ Stunden für einen Strich 22 Stunden 9 Minuten, die nun – wieder analog der Einteilung des »Routier« – zunächst für einen halben Kreis von 16 Strichen, dann in Tagen zunehmenden Abstands der Himmelskörper voneinander vorgerechnet werden. Dem »booke« ergibt sich aus seinen theoretischen Erwägungen¹¹⁹ eine tägliche Verspätung des Erdtrabanten von *xlix minites, whiche maketh thre quarters of an howre, and iiij minites*, die auch für die Gezeiten gilt.¹²⁰ Merkwürdigerweise ist in der dann folgenden Auflistung der täglichen Verspätung über einen halben Monat nur ein Drittel der Zeiten richtig gerechnet, wenn sie nicht verderbt ist, denn sie listet – wie aus Beobachtungen – eine unregelmäßige Folge von jeweils um 49 – 49 – 50 – 48 – 49 – 40 – 58 – 34 – 56 – 49 – 50 – 48 – 50 – 48 – 49 Minuten versetzten Zeiten (in römischen Zahlen) auf, deren Durchschnitt $48\frac{1}{2}$ Minuten ergibt. Daß es sich hier aber um Beobachtungsdaten handelt¹²¹, scheint fragwürdig, denn der Text fährt nach der Auflistung fort: *And so forth of the reste by continuall addicion of xlix minittes on every daye*. Nach weiteren Ausführungen zu den Gezeiten selbst, die sogar die unterschiedliche Steig- und Falldauer *within the landes and other havens and crykes*, meteorologische Einflüsse und die halbmonatliche Ungleichheit in Zeit und Höhe streifen¹²², erfahren wir ganz nebenbei, *that ☿ pointes maketh here one howre*, was in der nun folgenden genial einfachen *table for the trewe knowledge of ebbynge and flowynge in every place* wiederum zur 48-Minuten-Regel führt, die sich aus der Zugrundelegung des 30tägigen Monats ergibt und die wir schon von der Londoner Gezeitentafel kennen (Abb. 9).

Das »booke« schließt mit einem Kreisdiagramm, das diesmal aber nicht der Ermittlung der Hochwasserzeit dient, sondern dem Mondaufgang, seinen verschiedenen Phasen und den *great* oder *smalle Floodes*. Schon Stephens befand aber wegen seiner mangelnden logi-

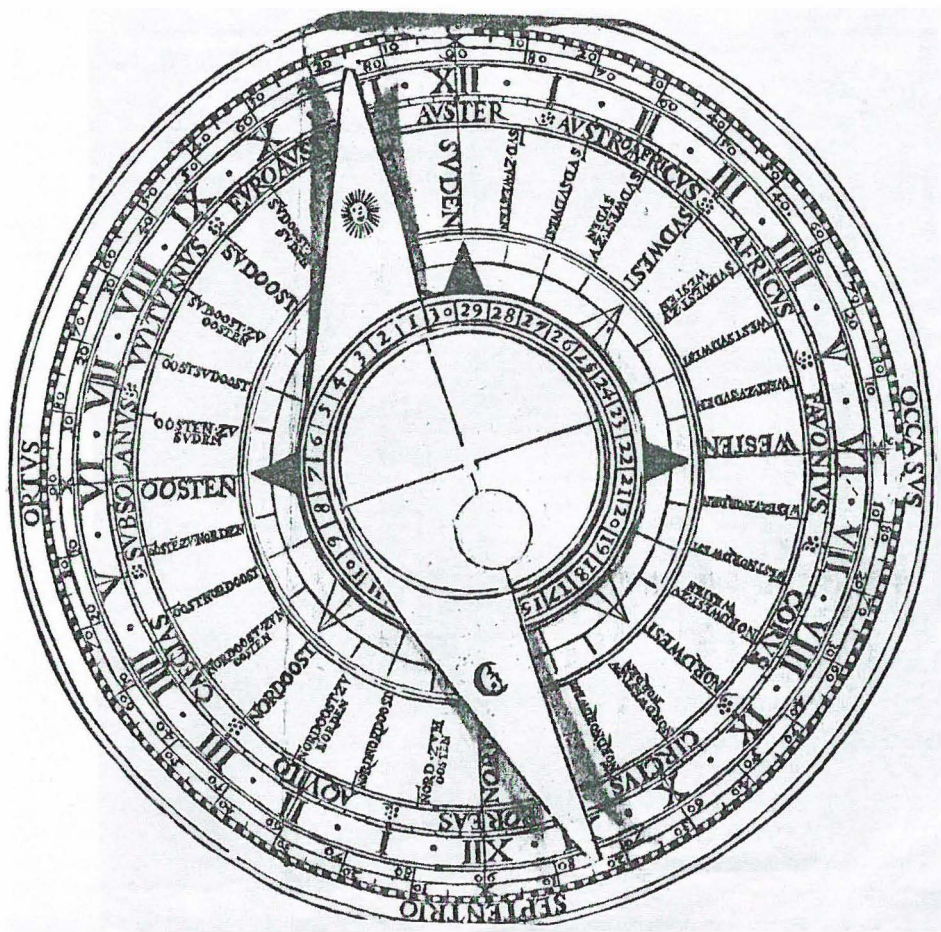


Abb. 10 Gezeitenrechner aus Alday 1578 (1592).¹²⁹

zeichnet William Bourne eine entsprechende Skizze in seinen »Almanacke and Prognostication for three yeares«¹³⁰ und zehn Jahre später tritt uns das unverkennbar auf Cole zurückgehende *Instrument van der Suennen unde Mane / dat wyset up welckere stunde ydt ys hoch effte leech Water yn allen platzen* (Abb. 10) im ersten deutschen, freilich wiederum von einem Engländer geschriebenen Navigationslehrbuch entgegen.¹³¹ Sein Verfasser, Jacob Alday, stammt aus der Umgebung Sebastian Cabots, des Präzeptor(s) der englischen Seefahrtsbestrebungen im 16. Jahrhundert (Köberer), und dem Umfeld der englischen Moskaugesellschaft. Er verfügt nicht nur über aktuelle Navigationskenntnisse aus Spanien und seinem Heimatland, sondern auch über Erfahrungen im gesamten nordwesteuropäischen Seefahrtsgebiet bis zum Nordmeer. Anders als seinem luxuriösen Vorbild, ist bei diesem Papierrechner noch am ehesten eine gewisse Verbreitung in der Praxis zu vermuten.¹³² Alday erläutert ausführlich seinen Gebrauch:

Item / wille gy weten tho welckerer stunde dat ydt schal wesen hoch Water yn welckerem platze gy ydt begeren / so sehet yn den almanach / welcker yn dissem Boekeschen steith / unde sehet wo mennigen Dach dat de maen oldt ys / unde wenn gy dat wethen / so trecket des Manes label van dem understen Label van der Suennen aff [innerste Scheibe mit

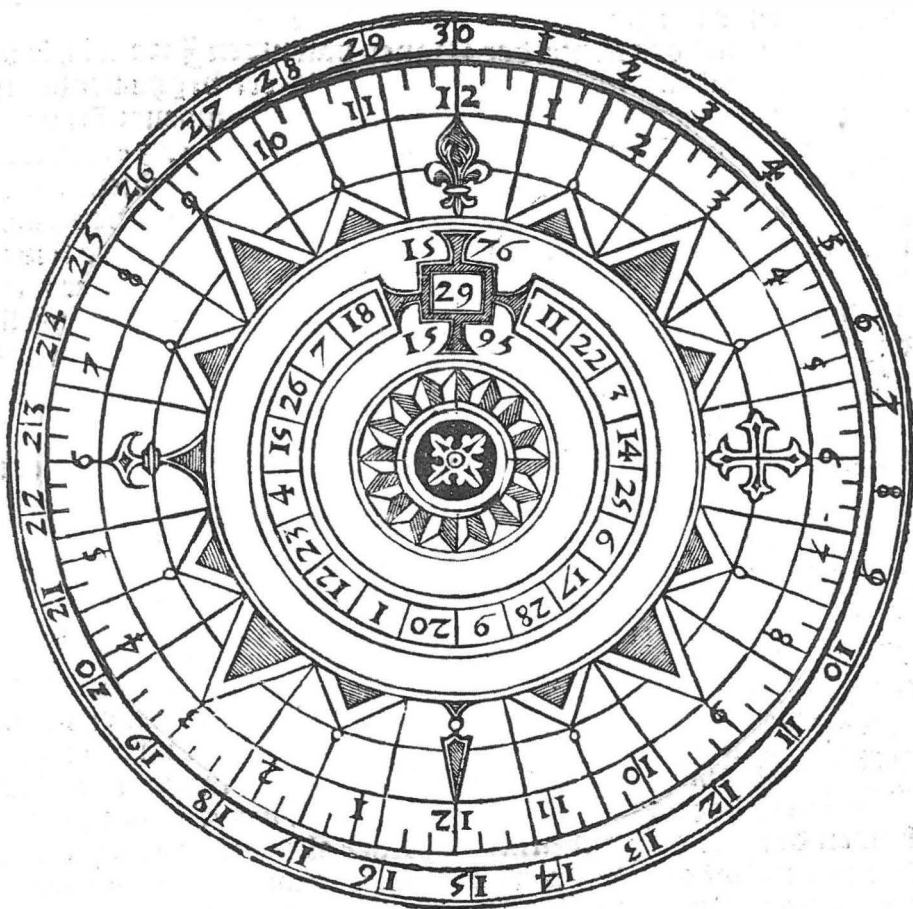


Abb. 11 Gezeitenrechner aus Coignet 1580.

Mondphasen-Sichtfenster] / van dem 1. 2. 3. unde beth tho 30. tho / beth dat gy kamen tho dem streke / wo oldt dat de Mane ys / unde up den Tall settet des labels puate [Zeiger] van dem Mane / unde holdet en stille mit juwer Handt up dem streke / unde keret denn des Manes labels puate up des Kumpasses streke / dar de Mane vulle See maket / wor gy ydt begeren tho wethen / unde alsedenn so sehet up welckere stunde der Suennen label steith / unde up der stunde dar gy en also staende vinden / up desuelven stunde ysset vull Water yn dem platze dar gy ydt begeren.¹³³

Das Werk ist – ähnliche Formulierungen fehlen kaum einer Vorrede der zeitgenössischen Navigationslehrbücher – einem *Leeffhebber der Segelatie*¹³⁴ gewidmet, und es scheint, daß derartige Instrumente den experimentierfreudig Veranlagten unter den Nautikern, Landvermessern, Karten- und Instrumentenmachern ein vielfältiges Betätigungsfeld boten.¹³⁵ Die in den folgenden Jahrhunderten weiterverwendete Form zeigt sich jedoch schon im *Instrument vande waterghetijden* der bereits herangezogenen »Nieuwe Onderwijsinghe« des Michiel Coignet, das in den Einband integriert ist und dessen innere Kreisscheibe mit einem Faden mit Papierabdeckung wie beim Epaktenrechner drehbar befestigt ist. Alle erforderlichen Informationen sind hier mit geringstmöglichem Aufwand

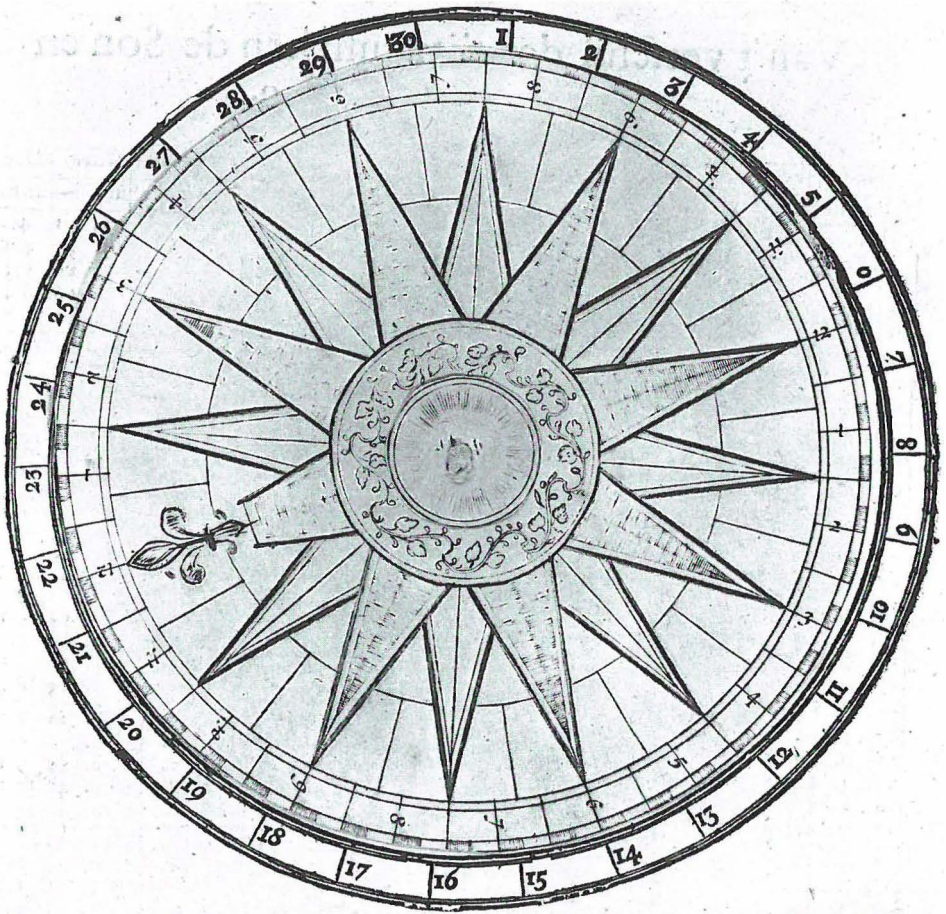


Abb. 12 Gezeitenrechner aus Gietermaker 1677.¹³⁶

greifbar: Die Goldene Zahl (indirekt), die Epakte des jeweiligen Jahres und die Berechnung der aktuellen Gezeit in Stunden. Die Schlichtheit kommt nicht von ungefähr, sondern verdankt sich dem expliziten Zweck, eine Bauanleitung zu liefern:

Slaet eenen circule (op de andere sijde van het voorseyde instrument) [dem Nachtweiser¹³⁷] deylt die in 30. daghen / voor den ouderdom der Manen / stellende 30. bouen / ende de reste naer aduenant / tellende naer de recht hant af. Daer naer maect een ronde met 24. vren af gbedeylt ende stelt daer op de 32. streken / stellende Noorden ende Suyden op de 12. vren / Oost ende West op de 6. vren / ende de reste sal naer aduenant wesen / ende also sal dit Instrument nu bereyt sijn / daer af t'gebruyck aldus is.

Ten eersten / suldy weten den streeck der Manen die op alsulcke plaetse volle zee gheeft / ende den ouderdom der Manen van dien daghe... Dit hebbende / soo draeyt de ronde der vren met de 32. streken / tot dat wven streeck net bouen op de 30. daghen vant instrument come / laet dat alsoo vast onuerdraeyt blijuen / ende soeckt voorder inden cant des Instruments / wven dach vander Manen ouderdom / desen sal v inde ronde der vren / net wijsen de vre van dien daghe / dat in alsulcken plaetse volle zee sal sijn / daer van d'Instrument hier volcht.¹³⁸

In dieser Form kehrt der Rechner auch in der umfänglichen »Schatkamer« Gietermakers wieder. Nur der Epakten-Ring im Inneren fehlt (Abb. 12).

Alle diese Diagramme und Rechner dienten *om der bequaemheyt wille* (Coignet)¹³⁹, um den Schiffen den arithmetischen Lösungsweg zu ersparen. Das heißt nicht, daß nicht auch einige – und gegen Ende der Frühen Neuzeit immer mehr – Lehrbücher ihn vermittelten. Der astronomisch versierte Amsterdamer Navigationslehrer Cornelis Lastman etwa empfiehlt folgende Rechnung zur Ermittlung der Verspätung des Mondes gegenüber der Sonne bei der Ermittlung der Hochwasserzeit: *Dewijl (volgens dese middelbaer beweginge) de Maen elcke 5 dagen 4 uren van de Son verspaet. So multipliceert 't getal der dagen vande ouderdom des maents met 4 / ende daelt de som door 5 / het ghene dat uyt de deelinghe komt / zijn de uren die de Maen van de Son verachtert is / en so daer na de deelinghe eenige overblijven / dat zijn vijfde deelen van een uyr / elcke 5 deel van een uyr is 12 minuten / behoorende tot de uren die uyt de deelinghe ghekomen zijn / dese uren ende minuten is het verscheel des tijds tusschen de Son ende de Maen.*¹⁴⁰

Es folgt jedoch sogleich eine Kritik des überkommenen und von den *ghemeene Stuerluyden* gebrauchten Verfahrens: *Dese manier des tyreeckeninghs op de middelbaer beweginge des maens / wort inde oude tij-tafelen gestelt / ende vande ghemeene Stuerluyden ghebruyckt / doch een yegelijck behoort te weten / dat dit ghemeen ghebruyck des tijrekeninghs veel feyls onderworpen is / door dien dat de maen den eenen tijdt rasser / ende d'ander tijdt trager loopt.*¹⁴¹

Die Hauptursachen dieser Änderungen der Winkelgeschwindigkeit sieht Lastman erstens in der exzentrischen¹⁴² Bewegung und damit unterschiedlichen Entfernung des Mondes von der Erde und zweitens in der landläufigen Identifikation der Vertikalkreise mit den Stundenkreisen, also der wirklichen mit der scheinbaren Bewegung der Himmelskörper. Nachdem er deshalb die schon früher verschiedentlich angeprangerten Methoden der Zeitbestimmung auf dem horizontalen Kompaß aufgegriffen und durch Tafeln für 50° und 53° Breite korrigiert hat, die die Deklination der Sonne berücksichtigen, fügt er eine Tabelle mit Tageswerten des Zeitunterschieds von Sonnen- und Mondkulmination der Jahre 1652–54 bei, die auf astronomische Tafeln Tycho Brahes zurückgeht¹⁴³:

<i>Verscheel des tijds, tusschen de Son en de Maen, in 't jaer 1652.</i>								
<i>Da- ghen.</i>	<i>Jan. ur. m.</i>	<i>Febr. ur. m.</i>	<i>Mar. ur. m.</i>	<i>April ur. m.</i>	<i>Mey ur. m.</i>	<i>Jun. ur. m.</i>	<i>...</i>	<i>Dec. ur. m.</i>
1	4 - 8	4 - 35	4 - 12	5 - 54	6 - 48	7 - 59	...	0 n 17
2	4 - 46	5 - 19	5 - 0	6 - 52	7 - 37	8 - 46	...	1 - 11
3	5 - 23	6 - 8	5 - 54	7 - 48	8 - 26	9 - 33	...	2 - 8
4	6 - 2	7 - 2	6 - 50	8 - 42	9 - 14	10 - 22	...	3 - 6
5	6 - 45	8 - 0	7 - 50	9 - 34	10 - 2	11 - 15	...	3 - 58
6	7 - 32	9 - 0	8 - 49	10 - 25	10 - 50	0 n 9	...	4 - 49
7	8 - 23	9 - 59	9 - 48	11 - 14	11 n 40	1 - 3	...	5 - 36
8	9 - 19	10 - 57	10 - 43	0 n 2	0 - 32	1 - 57	...	6 - 21
...
31	3 - 54	-	4 - 55	-	7 - 14	-	...	0 - 45

Die Verspätung ist für die Mittagszeit berechnet, daher läßt er seine Schüler für jede Stunde, die das Hochwasser später erfolgt, 2 Minuten (48 min tägliche Verspätung : 24 h) addieren bzw. subtrahieren, wenn es vorausging. Nüchtern kontrastiert er in zwei Beispielen den Unterschied zur bisherigen Methode, *het oude ghebruyck*, nach dessen Rechnungen sich mitunter eine vermeintliche *voorvloet* als tatsächliche *achterebbe* entpuppte: *soo*

*dat de ghene die meenden meer als 2 uren vloets ghebadt te hebben / ende het water ghe-
noech ghewassen te wesen / die soude het leeghste water / met een achter ebbe hebben und
door sulcke oft diergelijcke feylen lijf ende goet verlooren mochten worden.*¹⁴⁴ Solchem vor-
zubeugen, ist jedoch noch ein langer Weg beschieden, denn die ausgemachte Fehlerhaftig-
keit ist zwar nicht falsch, aber weitaus nicht die größte Quelle der Irrtümer. Die Kopplung
der Gezeiten an die tatsächliche tägliche Verspätung des Mondes – von parallaktischer
Ungleichheit kann noch nicht die Rede sein, denn das Gravitationsgesetz wird erst 1687
von Newton formuliert – zeichnet nur zu einem geringen Teil für die mangelnde Präzision
der Voraussage verantwortlich (Abb. 13).

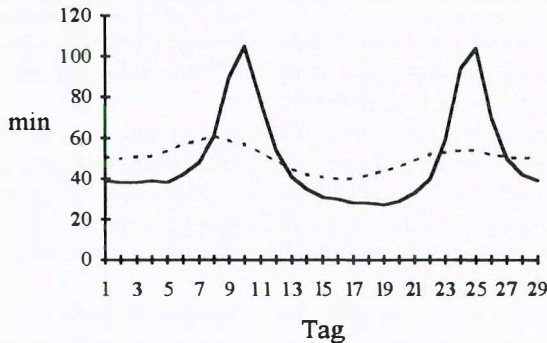


Abb. 13 Verspätung der täglichen Eintrittszeit der Zenitflut über eine Lunation am Beispiel von Brest. (1 = ●, 8 und 23 = ☽, 15 = ○). Die gestrichelte Linie zeigt die tägliche Verspätung der Mondkulmination.¹⁴⁵

Den größten Anteil der Probleme verursacht die halbmonatliche Ungleichheit aus den Schwerkraftstörungen durch die Sonne. Doch um dies zu erkennen, fehlten zu Lastmans Zeit eben noch die Voraussetzungen. Vergewärtigt man sich den rechnerischen Aufwand seines Rechenweges im Vergleich mit den linearen Berechnungsverfahren durch Tafeln, Diagramme oder Rechner und berücksichtigt den so gewonnenen, durch Abb. 13 verdeutlichten Genauigkeitszuwachs, so lassen sich aufkommende Befürchtungen nicht ganz von der Hand weisen, daß die Alltagspraxis der Mehrheit darüber hinweg ging. Zweifellos war Lastman trotz seiner astronomischen Kompetenz der Praxis verbunden. Das zeigen auch seine weitergehenden Hinweise auf die Wirkung des Windes auf die jeweilige Tide und die ins Detail gehenden Beschreibungen der Gezeitenverhältnisse des Kanals und der Nordsee. Selbst die Stromamphidromien vor dem Osteingang des Kanals sind ihm geläufig.¹⁴⁶ Sein Berechnungsverfahren repräsentiert damit gewiß keine Lehrstufen-Theorie, aber auch bei den engagierteren Navigatoren der in dieser Zeit nautisch (noch) führenden Niederlande wird er kaum mehr als eine Minderheit erreicht haben. Befragt man nämlich die ihm folgenden Lehrbücher, so findet man unisono die 48-Minuten-Rechnung vor. Ezechiel de Decker etwa, seines Zeichens *Reken-meester ende Landt-meter* in Rotterdam, versucht in seiner »Practyck vande Groote Zee-Vaert« explizit, mehr arithmetische und besonders trigonometrische Künste unters Volk, resp. *de gemeene Zee-varende Luyden*, zu bringen. Man sollte deshalb meinen, auch hinsichtlich der *Water-getyden* hier auf »modernste« Verfahren zu stoßen. Doch man wird enttäuscht: Wohl angesichts der vielfältigen anderweitigen Beanspruchungen im Bordalltag bürdet er dem Schiffer selbst die Berechnung der täglichen Verspätung nicht mehr auf, sondern druckt seine 202 Seeorte umfassende Tafel gleich mit den um jeweils 48 Minuten versetzten Zeiten für alle 15 Tage

einer halben Luration.¹⁴⁷ Gietermaker, in seiner detail- und variantenfreudigen Art, gibt sich zwar auch hier keine Blöße: Seiner Auflage von 1677 sind entsprechende, aktualisierte Mondkulminationstabellen für die Jahre 1670/77–83 eingefügt¹⁴⁸ und das Lastmansche Verfahren wird beschrieben. Aber der Weg über den Gezeitenrechner (s.o.) genießt trotz seiner Bemerkung, er sei *nochtans niet goet*, bei ihm – zumindest in der Reihenfolge der Unterweisungen – den Vorrang, und man folgert wohl nicht zu Unrecht, daß dieses Verfahren in der Praxis seiner Leser den Vorzug genoß. Wenn eine Kapazität wie Gietermaker sich nicht scheute, den einfachen Weg darzustellen, was hätte einen Schiffer bewegen sollen, darauf zu verzichten.

Seit der Mitte des 17. Jahrhunderts schickte England sich endgültig an, zur führenden Seemacht Europas zu avancieren. Bei der Gründung der Londoner Royal Society 1660 und der Errichtung der Greenwicher Sternwarte 1676 stand von vornherein die Nautik mit im Blickfeld.¹⁴⁹ Naturwissenschaftlich interessierte Gebildete begannen, sich unter anderem für Gezeitenphänomene und die Erfahrungen derer zu interessieren, die tagtäglich mit ihnen konfrontiert waren. Die »Philosophical Transactions« der Royal Society sind dementsprechend eine navigationsgeschichtliche Quelle ersten Ranges.¹⁵⁰ Bereits in den ersten Jahrgängen entsteht eine lebhafte Diskussion mit Beiträgen von Samuel Colepresse, John Morray, Henry Philips, *Master* Rooke, Samuel Sturmy, John Wallis, Joseph Childrey und später John Flamsteed, Thomas Smith, nicht zuletzt Isaac Newton u. a., durch die der Historiker in einer nie dagewesenen Fülle mit Daten versorgt wird – und die freilich auch so manchen Schlüssel zum Verständnis der deutschen Schifffahrtsgeschichte liefern. Es werden Briefe und Berichte von besonderen Stromverhältnissen wiedergegeben¹⁵¹, enthusiastisch Vorschläge für neue nautische Instrumente unterbreitet¹⁵², von ersten systematischen Pegelmessungen berichtet oder solche vorgeschlagen¹⁵³ oder aber »Directions for Sea-men, bound for far Voyages (into the East & West Indies)« gegeben¹⁵⁴, die darauf abzielen, der Royal Society das breite Datengerüst zur Verfügung zu stellen, das letztlich die jahrhundertelange Überlegenheit der englischen Hydrographie begründen wird.¹⁵⁵ Hinsichtlich der Gezeiten lauten die »Directions«:

To remark carefully the Ebbings and Flowings of the Sea, in as many places as they can, together with all the Accidents, Ordinary and Extraordinary, of the Tides; as, their precise time of Ebbing and Flowing in Rivers, at Promontories or Capes; which way their Current runs, what Perpendicular distance there is between the highest Tide and lowest Ebb, during the Spring-Tides and Neap-Tides; what day of the Moons age, and what times of the year, the highest and lowest Tides fall out: And all other considerable Accidents, they can observe in the Tides, chiefly [sic] neer Ports, and about Ilands, as in St. Helena's Iland, and the three Rivers there, at the Bermudas &c.

Man erkennt deutlich das Anliegen tiefgreifender, differenzierter Analyse. Die in dieser Zeit und dieser Atmosphäre entwickelten Ansätze erarbeiten große Teile der Voraussetzungen der künftigen wissenschaftlichen Erforschung des Phänomens. In unserem Rahmen von Interesse sind in erster Linie die Ausblicke, die sie auf die nautische Praxis ermöglichen. Zum Beispiel, wenn es mitunter um *Masters in the Art of Navigation* geht, die mit ihrer bisherigen Praxis unzufrieden sind und sich eigenen Erhebungen widmen. Namentlich aus Bristol werden entsprechende Aktivitäten berichtet: *at Bristol Mr. Standridge having already ... made a Collection of the Tydes, for some years past, and found them differing from former Observations and Tables.*¹⁵⁶ Ebendort arbeitet zwei Jahre später auch *Capt. Samuel Sturmy* an weiterführenden Untersuchungen, die die jahreszeitliche (Deklinations-), die monatliche und die tägliche Ungleichheit, den Windeinfluß, die dort unterschiedliche Steig- und Falldauer sowie das Verhältnis des maximalen Gezeitenstroms zur Gezeitenhöhe streifen.¹⁵⁷ Mit besonderer Aufmerksamkeit wurden sicherlich seine Aus-

föhrungen zur Bore – einem zur Springzeit zur fast senkrechten Wasserwand verkürzten Tidenstieg – des River Severn gelesen:

*In the River of Severn. 20. miles above Bristol near Newnham, 160. miles from the Rivers mouth (Lundy) the head of the Floud, at its coming in in Spring-tydes, ariseth in heigh like a Wall near nine foot high, and so runs for many miles together, covering at once all the Shoales, which were dry before; in which time all Vessels, that lye in the way of the said Head-tydes, or (as it is vulgarly colled) Boar, are commonly overset or carried upon the Banks, and the head of the Tyde being past, such vessels are left dry again. It flows here but tow hours, and eighteen foot in height, and it ebbs ten hours. The reason of the said Boar is doubtless the streightening and shoaling of the River in that place ...*¹⁵⁸

In der Regel sind es jedoch Gelehrte, die sich der Nachrichten der Seefahrer (... *I am inform'd by an expert Waterman...*) und Küstenbewohner (... *an intelligent person living just on the Sea-side ...*) bedienen und sie zu einem theoretischen Gebäude zusammenführen. Aus Southampton (und später Plymouth) etwa vermeldet Samuel Colepresse seine umfassenden und in vielen Punkten mit Sturmy übereinstimmenden Ergebnisse: Er spricht von der Sinusform der Tide, der täglichen Ungleichheit (*Diurnal Tides*), die von März bis September nachmittags, sonst vormittags höher sei, der Springverspätung (*The highest Menstrual Spring-Tide is always the third Tide after the New or Full-Moon*), von meteorologischen Komponenten, den Ungleichheiten des Tidenhubs (*The highest springs make the lowest Ebbs*) und den Charakteristika der Stromstärke.¹⁵⁹ Übereinstimmung herrscht auch in der Beurteilung der althergebrachten Gezeitenrechnung, die Sturmy nach seinen Beobachtungsergebnissen um bis zu 1½ Stunden von den wirklichen Verhältnissen abweichend findet: ... *there is an hour and an half difference from the Old Tables, which say, it flowes but to the Moons being East and West. An Error so great, that by all means it ought to be rectified.*¹⁶⁰

Zu ähnlichen Ergebnissen kommt in London, vier Jahrhunderte nach der oben (S. 106) wiedergegebenen Tafel, Henry Philips, ein Bewohner der London Bridge, der seine Wohnlage nutzt, um sorgfältige Beobachtungen über die Hochwasserzeiten gleichsam zu seinen Füßen anzustellen:

*For, this time of the Tides, though it be a very necessary thing to be known, yet is very rudely and slightly reckoned up by most Seamen and Astronomers; most of them reckoning, as if the Moone being upon such a set point of the Compasse (as the Seaman calls it) or so many houres past the Meridian (as the Almanack-Makers reckon) it were High-Tide in such and such a Port at all times of the Moone. And thus they reckon the Tides every day to differ constantly 48 m. As for instance; A South-West Moone makes a full Tide at London, that must be understood, that it is High-Tide at London when the Moon is three hours past the Meridian. Now this is true indeed at the New and Full Moon, but not at other times of the Moone, which few take any notice of...*¹⁶¹

Auch Philips findet also einen Zeitunterschied von bis zu 1½ Stunden zwischen den Angaben und den wirklichen Verhältnissen, der als *circular proportion* zwischen Spring- und Nippzeit variiert. Scharfsinnig entwickelt er – in unverkennbarem Bezug auf die traditionellen Kreisdiagramme – den Vorschlag eines geometrischen Lösungsverfahrens, das gleichsam auf phänomenologischem Weg die halbmonatliche Ungleichheit in den Griff zu bekommen sucht (Abb. 14).

Nach der Konstruktionsbeschreibung – zur eigenen Anfertigung des Diagramms – erläutert er den Gebrauch der Graphik: Man sucht auf dem Kreisumfang statt des Mondalters die jeweilige Zeit der Mondkulmination, geht von dort parallel zu den vertikalen Sehnen auf die horizontale, nach den Londoner Verhältnissen in 90 Minuten geteilte Skala und entnimmt ihr den Zeitunterschied zwischen der Hafenzeit und der aktuellen Hochwasser-

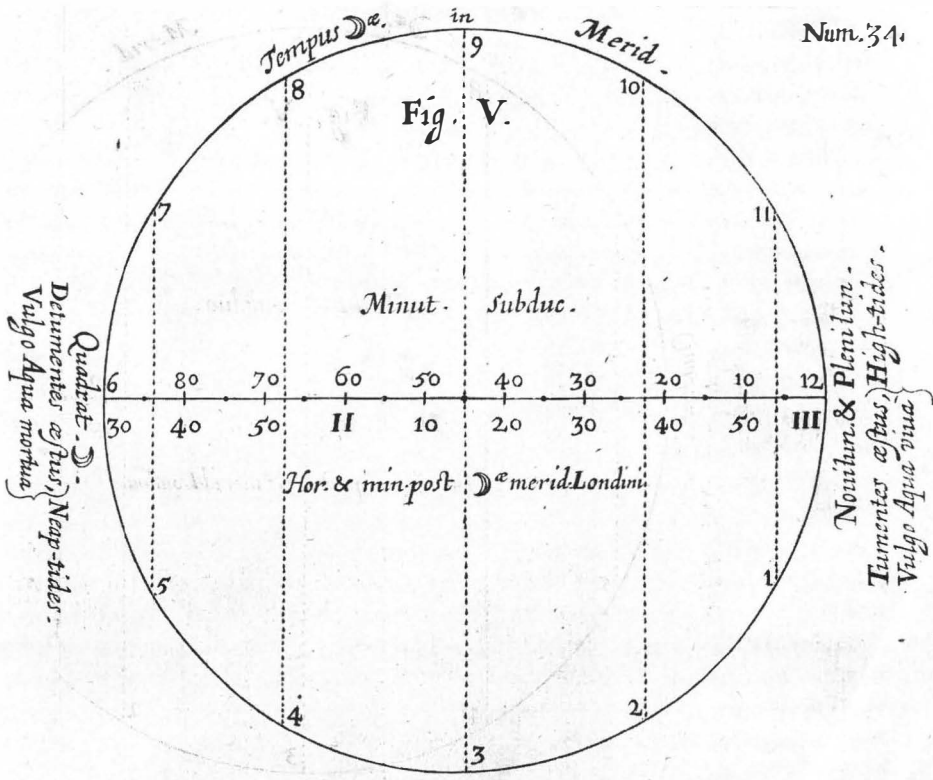


Abb. 14 Gezeitendiagramm aus Philips 1668.¹⁶²

zeit, der von jener subtrahiert wird. In seinem Beispiel erfahren wir, was genau in den Kreisen der *Members* der Royal Society unter der landläufigen Methode, *Common Rule*, verstanden wird:

For Example; At London, on the day of New and Full Moone, it is High-Tide at London at 3 of the Clock, that is, when the Moone is three hours past the Meridian: and so by the Common Rule, the Moon being about four dayes old, it will be South about three of the Clock, and it will be High-tide three houres afterwards, that is, at 6 of the Clock. But now by this Rule, if you count this time of the Moones coming to the South in the Circumference, the perpendicular-line, which comes from 3 to 9 cuts the Diameter in the halfe, at 45 min. which shews, that so much is to be abated from the time of High-tide in the New and Full Moones; So that it is High-tide 45 min. before 6 of the Clocke, that is, at 5. hours 15 min. and not at 6 of the clock, according to the common-Rule.¹⁶³

Common Rule (der Seeleute) heißt folglich, die tägliche Verspätung des Mondes statt mit 48 Minuten als dreiviertel Stunde bzw. 45 Minuten bzw. als 1 Strich auf dem Kompaß anzunehmen. Philips Verbesserung des Verfahrens bezieht sich auf den Korrekturwert der Hafenzzeit, nicht auf diese Voraussetzung, denn an der Kulminationszeit *three of the Clock* des 4 Tage alten Mondes ($4 \text{ d} \cdot \frac{3}{4} \text{ h} = 3 \text{ h}$) sieht er nichts auszusetzen. Die Ergebnisse des Diagramms verarbeitet er zu einer alle Tage des Jahres 1668 umfassenden *Table of the time of High Tide*, die erst 1682 durch Thomas Smith einer Kritik unterzogen wird. Smith befindet: *the Tide-Tables grounded on Mr. Phillips his Theory with his limitations, did often differ considerably from the true times of the Tides observed at London-bridge, thought*

Zusätzlich weist er auf meteorologische Einflüsse hin (Wind, Frost, Niederschlag), z. B. bringen *strong North-Westerly or Northerly Winds... an Extraordinary Floud from the Northern Seas, and keep it up longer than other times.*¹⁶⁹ Allerdings blieben nach seinen Angaben auch dann *the differences betwixt the Calculated and Observed High-Waters* in der Regel innerhalb einer halben Stunde, meist sogar überstiegen sie nicht einmal die Hälfte. Flamstead empfiehlt, die errechneten Daten auf andere Häfen der britischen Inseln und des europäischen Kontinents zu übertragen, und hätte dies wohl schon getan, wenn ihm die Hafenzeiten der Seeleute verlässlich genug schienen, was nicht der Fall ist:

*I could easily have made and given you a Table for this Reduction, if I durst have relied, on the Account our Mariners give of the Tides in other Ports, but I find their Opinions different, except where they have copied from one another in their Kalendars, by reason of the aforemention'd difference betwixt the Times of the Moons Southings, and the True High-Waters, for which reason I forboar it, till further Experience shall have informed us better.*¹⁷⁰

Das Vorliegen »fertiger« Gezeitentafeln könnte nun erwarten lassen, daß die Praktiker dankbar die ihnen gereichte Hand ergriffen hätten, und damit der »Durchbruch« von der Common Rule zu einer verlässlicheren Bestimmung zumindest der Themse-Gezeiten erzielt worden wäre. Indes zeigte sich schon oben verschiedentlich, daß die nautische Entwicklung der der akademischen Welt nicht stringent folgte. Die seit Philips, Smith und Flamstead gewonnene Genauigkeit scheint keineswegs von allen Seiten hinreichend gewürdigt worden zu sein. Flamsteads Gezeitentafel erschien seitdem zwar jährlich – in den »Philosophical Transactions« und separat – und wurde um zahlreiche Anschlußorte des Inselreichs und der kontinentalen Küste erweitert.¹⁷¹ Aber nicht einmal in den Standardwerken des nautischen Unterrichts – geschweige denn in der Praxis – sind die Spuren dieses Gewinns feststellbar. Joshua Kelly zum Beispiel, *Instructor of the Royal Navy* und damit sicherlich eine exponierte Person der nautischen Szene Englands, beginnt 1733 – also mehr als eine Generation nach Newtons »Prinzipien« und sechs Jahre nach dessen Tod – sein 436 Seiten umfassendes Lehrbuch mit dem anspruchsvollen Titel »The Modern Navigator's Compleat Tutor« eingedenk der Bedeutung des Themas mit der Gezeitenkunde. Was wir dort finden, unterscheidet sich durch nichts von vorangegangenen Werken: Wie eh und je geht es um Goldene Zahlen, Epakten und die 48-Minuten-Regel: *To find the time of full Sea at any Place, vulgarly called, To shift the Tides Rule. To the Moon's Southing (for the time given) add the Hours answering to the Point of the Compass, making full Sea (on the Full or change of the Moon) at the Place proposed; the sum is the time of full Sea, or High Water (after Noon) at the said Place.*¹⁷²

Die *General Tide-Table*, die er folgen läßt (Abb. 15), versetzt den Betrachter unvermittelt zurück zur Gezeitentafel von S. Albans. Daß Kelly als Londoner Bürger keine Kenntnis von den Bemühungen in der Royal Society gehabt haben sollte, scheidet wohl aus. Eher darf man vermuten, daß dieser Regreß ein Zugeständnis an die Akzeptanz der Praktiker ist. Über deren mangelnde Bereitschaft, zur Berechnung der Gezeiten umständliche Verfahren auf sich zu nehmen, wie sie in anderen navigatorischen Bereichen wie Besteckrechnung, astronomische Navigation u. ä. durchaus selbstverständlich waren, klagte noch in unserem Jahrhundert der zweite Direktor des Liverpool Tidal Institute und Weiterentwickler der von William Thomson (Lord Kelvin) begründeten harmonischen Gezeitenanalyse, Arthur Doodson.¹⁷³

Die Gezeiten beschäftigten auch die gelehrten Kreise Frankreichs. 1738 wurde von der Académie des Sciences die – nach heutiger Kenntnis nicht lösbare – Preisaufgabe gestellt, ein Verfahren der globalen Voraussage der Gezeiten zu entwickeln. 1740 prämierte man schließlich vier Beiträge, die Arbeiten von Daniel Bernoulli, MacLaurin, Leonhard Euler und Antoine Cavalleri. Während letzterer seiner nicht mehr zeitgemäßen Systemvoraus-

No. 1. A General TIDE TABLE. N.E. at London, N.E. S.W.

D.	N. E. b. N.		E. b. S.		S. S. E.		N. and S.		E. & W.		E. b. N.		N. E. b. E.		E. S. E.	
	S. W. b. S.		W. b. N.		N. N. W.						W. b. S.		S. W. b. W.		W. N. W.	
1	Tinmouth	Harlepy	Whitby	Dunbar	Brifol	Lanion.	Dover	Tarmoth	Queen	Plymouth	Newcast.	Berwick	Flambr.	Scarbor.	Bridgwa	Exeter
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
3	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
4	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
5	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
6	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
7	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
8	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
9	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
10	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
11	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
12	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
13	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
14	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
15	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
16	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
17	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
18	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
19	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
20	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
21	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
22	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
23	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
24	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
25	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
26	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
27	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
28	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
29	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
30	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
31	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Age	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Abb. 15 Gezeitentafel aus Kelly 1733.¹⁷⁴

setzungen wegen kaum rezipiert wurde, erfuhr die von Newton 1687 entwickelte Gleichgewichtstheorie (s.o. S. 94) – die noch einen erdumspannenden Ozean voraussetzte – in den anderen drei Arbeiten bedeutsame Impulse im Hinblick auf ihre praktische Anwendbarkeit.¹⁷⁵ Bei solchem öffentlichen Interesse erwartet man wieder eine Entwicklung in der nachfolgenden naturischen Literatur. Denn auch wenn der Schifffahrt mit mathematischen Ausführungen hohen Abstraktionsgrades kaum geholfen ist, so müsste nach heutigem

Inter- valle de temps		Après la N. Lune		Avant le 1. Quart		Après le 1. Quart		Avant la Pl. Lune		Après la Pl. Lune		Avant le Der. Quart		Après le Der. Quart		Avant le N. Lune	
		Addit.		Addit.		Addit.		Soustr.		Addit.		Addit.		Addit.		Soustr.	
j	h	H	'	H	'	H	'	H	'	H	'	H	'	H	'	H	'
0	0	0	0	5	6	5	6	0	0	0	0	5	6	5	6	0	0
	6	0	8	4	51	5	22	0	9	0	8	4	51	5	22	0	9
	12	0	17	4	37	5	40	0	18	0	17	4	37	5	40	0	18
	18	0	26	4	23	6	0	0	27	0	26	4	23	6	0	0	27
1	0	0	36	4	9	6	20	0	37	0	36	4	9	6	20	0	37
	6	0	45	3	56	6	39	0	47	0	45	3	56	6	39	0	47
	12	0	54	3	44	6	58	0	57	0	54	3	44	6	58	0	57
	18	1	2	3	32	7	18	1	7	1	2	3	32	7	18	1	7
2	0	1	11	3	21	7	37	1	17	1	11	3	21	7	37	1	17
	6	1	19	3	11	7	56	1	28	1	19	3	11	7	56	1	28
	12	1	28	3	1	8	14	1	39	1	28	3	1	8	14	1	39
	18	1	37	2	50	8	31	1	51	1	37	2	50	8	31	1	51
3	0	1	46	2	40	8	47	2	4	1	46	2	40	8	47	2	4
	6	1	54	2	30	9	2	2	16	1	54	2	30	9	2	2	16
	12	2	3	2	21	9	17	2	29	2	3	2	21	9	17	2	29
	18	2	12	2	12	9	31	2	44	2	12	2	12	9	31	2	44
4	0	2	21	2	3	9	44	2	58	2	21	2	3	9	44	2	58

Abb. 16 Gezeitentafel aus Bouguer 1753.¹⁷⁶

Ermessen zumindest die stereotype Vermittlung der 45- oder 48-Minuten-Regeln in den nautischen Unterrichtswerken zukünftig ins Wanken geraten. Im »Nouveau traité de navigation contenant la théorie et la pratique du pilotage« von 1753 wird man in der Tat fündig. Sein Verfasser, Pierre Bouguer, deutet schon terminologisch an, daß ihm die akademischen Bemühungen um das Problem nicht fremd sind, wenn er seine *Méthode plus exacte ... pour trouver l'heure du Flux & Reflux* ankündigt.¹⁷⁷ Wir erfahren vom *établissement du Port*, das sich täglich um 48 Minuten verspätet, aber das nicht gleichmäßig: *il (retardement) est beaucoup moindre [geringer] vers les nouvelles & pleines Lunes, que vers les quadratures*, weil nicht der Mond allein die Gezeiten bewirkt, sondern auch die Sonne. Die 48-Minuten-Regel weist er weit von sich und stellt seinem Leser eine Tafel zur Verfügung, *qui marque d'une manière plus conforme aux observations, les retards des marées, ou leurs anticipations par rapport à l'établissement d'un Port*. Für jedes Achtel der Lunation (*Après la N. Lune, Avant le 1. Quart, Après le 1. Quart., Avant la Pl. Lune ...*) ist im 6-Stunden-Intervall ein Korrekturwert in Stunden und Minuten zu entnehmen, der der Hafenzeit addiert oder subtrahiert werden muß (Abb. 16).

Ihr liegt statt der linearen Zuordnung eine sinusförmige Kurve mit der Periode einer halben Lunation zugrunde. Bouguer geht vereinfachend wieder von einer 30tägigen Lunation (720 h) aus, verwendet aber eine 32teilige Tafel. Dadurch steht er vor – den alten – Problemen beim Anschluß der Spalten. Die Achtelmonate (90 h) überschneiden sich um 12 Stunden ($90 \text{ h} / 24 \text{ h} = 3 \text{ d } 18 \text{ h}$), so daß sich Ungenauigkeiten ergeben, je nachdem, ob vom vergangenen oder kommenden Bezugspunkt aus gerechnet wird. Unverkennbar spielt hier die Tradition der Verwendung der 32teiligen Windrose mit hinein. Immerhin gibt Bouguer nicht ohne Stolz und für den modernen Leser kaum glaubhaft¹⁷⁸ an, der Unterschied der so errechneten Gezeiten zu den tatsächlichen liege – außer unter besonderen, seltenen Bedingungen und im Gegensatz zum üblichen Verfahren – nicht über einer Viertel Stunde: *Cependant si l'on excepte quelques cas très-rares, la différence n'ira jamais guères qu'à un*

*quart-d'heure; au lieu qu'on peut souvent tomber dans une erreur de plus d'une heure en employant un retardement univorme de 48 minutes par jour, comme on a coutume de faire.*¹⁷⁹

Was in Frankreich geschah, ließ zu der Zeit in England nicht lange auf eine Reaktion warten. Ein Jahr später erschienen dort die zweibändigen »Elements of Navigation« des Direktors der Marineakademie von Portsmouth und späteren Bibliothekars der Royal Society John Robertson, die bis 1805 nicht weniger als sieben Mal aufgelegt wurden. In der Einleitung des entsprechenden Kapitels dieses *most complete treatise on navigation during the latter part of the eighteenth century*¹⁸⁰ stehen wie bei Bouguer Termini wie *Law of Gravitation, Attraction* oder Namen wie *Newton*.¹⁸¹ Über ihn hinausgehend liefert Robertson eine Liste von 1315 mit geographischen Koordinaten versehenen Seeorten, die das weltweite Verkehrsnetz der englischen Schifffahrt dieser Zeit eindrucksvoll spiegelt. 173 dieser Orte sind mit Hafenzeiten versehen, für persönliche Eintragungen und Ergänzungen ist Platz vorhanden.¹⁸² In seiner praktischen Gezeitenrechnung finden jedoch die einleitenden Worte keinen Widerhall und die angestrebte theoretische Umfänglichkeit kein Pendant: Das Verfahren der Berechnung der aktuellen Hochwasserzeit verfällt wie Kelly auf die einfache Anwendung der 48-Minuten-Regel: Hochwasser ist schlicht die Summe aus Hafenzeit und Mondkulmination.¹⁸³

Nichts anderes findet sich in den nachfolgenden deutschen Schriften. Eine eigenständige Entwicklung der deutschen Seeschifffahrt gab es zu dieser Zeit wegen der politischen und territorialen Verhältnisse ohnehin kaum. Man folgte überwiegend den Impulsen, die aus den niederländischen Seestädten, insbesondere Amsterdam und Antwerpen, kamen. Erst Mitte des 19. Jahrhunderts drängte das englische Vorbild die – sprachlich näherstehende – niederländische Tradition in den Hintergrund. Die im Vergleich zu unseren westlichen Nachbarn wenigen nautischen Unterrichtswerke, die wir aus dem 18. Jahrhundert besitzen, zeigen denn auch keine über Westeuropa hinausgehenden Fortschritte, wenn sie überhaupt auf der Höhe ihrer Zeit stehen oder nicht sogar ganz darauf verzichten, das von Büchern in holländischer Sprache beherrschte Terrain der Navigation und ihres Umfeldes zu betreten. Ein dem Titel nach vollständiges deutsches Schifffahrts-Kompendium von 1732, »Der wohl instruirte Schiffer, und zwar was derselbe vor angetretener, waehrender- und nach abgelegter Reise zu beobachten hat«, enthält hinsichtlich navigatorischer Fragen nur den dringenden Hinweis, sich rechtzeitig mit einem Lotsen zu versehen.¹⁸⁴ Das andere Extrem, die theoriereiche »Anleitung zur Steuermannskunst« des Lambert Hinrich Röhl reflektiert zwar im Kapitel *Einige fuer die Schiffarth nuethzliche Kaenntnisse von der Bewegung des Wassers und der Luft* – nicht ohne Mängel – die wissenschaftlichen Fortschritte, das praktische Verfahren der Gezeitenrechnung unterscheidet sich jedoch nur in der richtigeren Ansetzung der täglichen Verspätung von 49 statt 48 Minuten von dem der vorangegangenen Jahrhunderte:

*Da nun die Fluth sich alle Tage 49' verspaetiget, so kann man aus dem gegebenen Alter des Mondes fuer jeden Tag die Zeit der Fluth finden. Wenn man naemlich weiß, daß der Fluthtermin [Hafenzeit] fuer einen gewissen Ort 4 St. ist, so ist am Tage des Neu- und Vollmondes um 4 U. n. M. hoechste Fluth. Will ich nun wissen, wenn an einem andern Tage Fluth seyn wird, so darf man nur im Calender das Alter des Mondes aufsuchen. Gesetzt es sey 9 Tage nach dem Neumond, so hat man 4 Uhr + 9 x 49' das ist 11½ Uhr fuer die Zeit der Fluth.*¹⁸⁵

Ob allerdings in der Nautik tatsächlich mit einem Wert von 49 Minuten gerechnet wurde, steht zu bezweifeln. Röhl dürfte in Greifswald kaum den direkten Kontakt zur seemännischen Praxis gehabt haben, wie ihn gleichzeitig in Hamburg etwa Jan Juriaan Fruchtnicht hatte. Fruchtnicht rechnet durchgehend mit 48 Minuten¹⁸⁶, da sich diese Zahl

als Stundenbruchteil ($\frac{4}{5}$) nach dem oben beschriebenen Rechengang bedeutend einfacher handhaben läßt. Daß dies auch das Verfahren der Wahl der westwärts fahrenden Ostseeschiffer gewesen ist, legen die Strukturen des nautischen Unterrichts nahe. Nur wenige Seeleute dürften ihre Kenntnisse über 300seitige Lehrbücher wie Röhls Werk bezogen haben. Der übliche Weg war der des Privatissimums, in dem man von anderen Schiffern oder erfahrenen Personen in Erfahrung zu bringen suchte, was in Erfahrung zu bringen war, um sich so im Laufe der Zeit einen bestimmten Erfahrungs»schatz« – vgl. Gietermakers Titelgebung – anzueignen. Stellvertretend für solche Strukturen, in denen vieles der Fügung und dem Zufall überlassen war, mag Johann Casten (geb. 1716 in Gaarde bei Stolpe/Pommern) stehen. Als Kind bereits von der Seefahrt fasziniert, aber von den Eltern daran gehindert, verbringt er jede freie Minute am Hafen und stillt seine Wißbegier in allen Bereichen der Seefahrt durch Gespräche mit vornehmlich niederländischen Seeleuten. Nach dem Besuch der Elementarschule in Cammin wird er nach vielfältigen Umwegen schließlich Küster und Schulmeister an einer Pfarre in Fritzow und unterrichtet dort u. a. auch schon ältere Seeleute in *Rechnen, Fertigkeit im Gebrauch der Seecharten, und alles, was zum voraus einen Steuermann bilden kann* ...¹⁸⁷ Obwohl nie selbst zur See gefahren, schreibt er eine – meines Wissens verschollene – *schriftliche Anweisung in der Steuermannskunst*.¹⁸⁸ Daß ein unbefahrener Autodidakt in geographischer Nähe Greifswalds ein derartiges Tätigkeitsfeld findet, beleuchtet den Ausbildungs- und Voraussetzungsstandard in der (Küsten-)Schifffahrt dieser Zeit wahrscheinlich mehr als das astronomisch-mathematisch versierte Lehrbuch eines Greifswalder Professors.¹⁸⁹

Ein vielfältiges Spektrum von Voraussetzungen spricht auch aus der Autobiographie des Jens Jacob Eschels (1757–1835) von der zu seiner Zeit zu Dänemark gehörenden Insel Föhr. Im Sommer als Schiffsjunge auf See, besucht der ehrgeizige Zwölfjährige im Winter die Elementarschule, lernt zwei Jahre später das Rechnen und kauft sich als Siebzehnjähriger von der eigenen Heuer in Amsterdam *einen Skattkammer* von Gietermaker, um im Winter – ebenfalls auf eigene Kosten – in die Steuermannsschule zu gehen, *und zwar Abends von 6 bis 12 Uhr, denn am Tage hatte der Lehrer Nickels Wögens, welcher auch in jüngern Jahren zur See gefahren und nun das Uhrmacher-Handwerk trieb, keine Zeit*.¹⁹⁰ Er muß dafür freilich von seinen befahrenen Altersgenossen nicht wenig Spott einstecken¹⁹¹, sein Weg kann also durchaus nicht als der übliche angesehen werden. Mit zwanzig – nach dreimaligem Durcharbeiten der *Schatkamer* – unterrichtet Eschels seine Brüder und mit dreißig, als Matrose auf einem Amsterdamer Westindienfahrer, selbst den Kapitän des Schiffes: *mein Capitain... aber wollte mich behalten, weil er nur selbst nothdürftig die Steuermannskunde gelernt, und ich ihn fast täglich darin unterrichten mußte*.¹⁹² Mit 24 durch den plötzlichen Tod seines nunmehrigen Kapitäns selbst dazu geworden, beginnt er, seine Matrosen an Bord auszubilden: *Verschiedenen, die dazu Lust hatten, lehrte ich die Steuermannskunst, welche sie am Bord zugleich practisch ausüben lernten, und das Practische ist doch bei weitem besser, als das Theoretische, welches Jeder am Lande lernen kann*.¹⁹³ Erst zwei Jahre später und keinesfalls aus beruflicher Notwendigkeit, sondern zur persönlichen Bestätigung legt er in Kopenhagen sein *Steuermanns-Examen* ab.¹⁹⁴ Ohne Zweifel hatte Eschels außer einer unbeirrbaren Zielstrebigkeit eine überdurchschnittliche mathematische Begabung, und es ist deshalb von besonderem Interesse, was er uns beiläufig von einer Küstenfahrt auf einer 50 Roggenlast (ca. 100 t) großen Schute erzählt, auf der er 1775 nach Rückkehr von der Grönlandfahrt für die verbleibenden Monate des Jahres anheuert, nachdem er im vorangegangenen Winter das Handbuch Gietermakers gründlichst durchgearbeitet hat: *... wir lavirten nordwärts, so lange als die Fluth lief; finster war es, und wir ankerten als wir dachten, daß es Hochwasser sey. Am andern Morgen war es Ebbe, und der Schiffer konnte vom Schiffe ab an Land gehen, um Fracht zu suchen; ...*

Von Goldener Zahl, Epakten, von Mondbeobachtung, Hafenzeit, der Uhrzeit oder Rechnungen jedweder Art ist hier nicht die Rede. Auf die Idee, seine frisch erworbenen Kenntnisse der Navigation und Gezeitenrechnung in der Küstenfahrt einzusetzen, verfallen er oder der als Matrose in der niederländischen Westindienfahrt befahrene Schiffer der Schute nicht. Hier regieren wie 500 Jahre zuvor der persönliche Augenschein und die Schätzung.

Im 19. Jahrhundert nimmt die Geschwindigkeit der Annäherung der »tidologischen« (Whewell/Lentz) Forschungsergebnisse und der durch die Lehrbücher repräsentierten obersten Schicht navigatorischer Praxis rapide zu. 1819 erfolgt in Hamburg eine Neuordnung der dortigen *Navigationsschule*, die unter anderem die hochdeutsche statt der niederländischen Sprache einführt. Diesem Anlaß verdankt sich das »Handbuch der Schiffahrtskunde« der »Hamburgischen Gesellschaft für die Verbreitung der mathematischen Kenntnisse«, das die nicht mehr als ausreichend empfundenen Bücher Röhls und Fruchtnichts ersetzen soll. Es schöpft zu großen Stücken aus dem reichhaltigen Inhalt der »Elements of Navigation« des John Robertson und J. W. Nories nur zwei Jahre zuvor erschienenem »Epitome of practical Navigation«.¹⁹⁵ Neben diesen praktischen Werken ist hier auch der »Traité du flux et du reflux« des Joseph Jérôme Lefrançois de Lalande verarbeitet, der das gesamte »tidologische« Wissen von der Antike über Newton, Bernoulli, Euler, MacLaurin bis hin zu den jüngsten Gezeitenmessungen in zahlreichen französischen und niederländischen Häfen enthält.¹⁹⁶ Mit dem »Handbuch« ist in Deutschland die Zeit der schematischen Zuordnung einer linearen täglichen Verspätung der Gezeit von 45 oder 48 Minuten – zumindest in den Lehrbüchern – endgültig vorbei. Zunächst wird grundsätzliche Kritik an der Bestimmung und der Verlässlichkeit der Hafenzeit geübt:

(Hafenzeiten sind) *nicht fuer vollkommen zuverlaessig zu achten, wegen des Umstandes, daß die Seeleute, von denen diese Beobachtungen kommen, oft den Wechsel des Stroms mit der Zeit des hohen Wassers oder der vollen Fluth confundiren; zuweilen ist auch wohl die Fluth im Innern des Hafens mit der Fluth auf der Rhede verwechselt. Wenn man ein Revier bey der Fluth anthun, in einen Tiedehafen einlaufen, oder ueberhaupt Untiefen bey voller Fluth passiren will, so rechne man lieber die Hafenzeit durchgehends $\frac{1}{2}$ oder 1 Stunde fruеher, als sie unsere Tafel angiebt ...*¹⁹⁷

Solchermaßen zur Vorsicht gemahnt, lernt der angehende Navigator, wie sich die Autoren des »Handbuchs« die Bestimmung der Hochwasserzeit aus der beigegeführten Liste von 606 weltweiten Hafenzeiten vorstellen:

1. *Suche des ☽ Culmination fuer den geg. Tag im nautischen Almanach (oder andern Calendern) und reducere sie, auf den Meridian des Orts, von welchem die Hochwasserzeit gesucht wird. ...*

2. *In den beyden ersten Spalten der folgenden Tafel A suche die Zeit, welche mit der gefundenen Culminationszeit am naechsten uebereinstimmt, daneben steht in der 3ten Spalte die Correction der Meerszeit wegen Einfluß der ☉ in Minuten; diese subtrahire von der Culminationszeit oder addire hinzu, wie es die Zeichen – und + anweisen; das Resultat (Rest oder Summe) addire zu der bekannten Hafenzeit, und diese letzte Summe ist die gesuchte Zeit der vollen Fluth Nachmittags.*

In die Tafel A geht man mit der Zeit der – nach der geographischen Länge des Ortes korrigierten¹⁹⁸ – Mondkulmination ein und nicht mehr mit einem nach Tagen gerechneten Mondalter; damit ist die Ansetzung der Lunation auf 32, 30 oder 29½ Tage aus der Rechnung ausgeschlossen. Die *Mittlere Correction* – eine ausgeprägtere Sinuskurve als bei Bouguer – kann, sofern die entsprechenden Informationen dem Nautiker vorliegen, noch für Perigeum und Apogeum verbessert werden. Damit gehen nicht nur die halbmonatliche, sondern auch die parallaktische Ungleichheit in die Rechnung mit ein. *Weil manche See-*

Tafel A. Zeit des hohen Wassers nach der Culmination des Mondes zu finden							
Culmination des				Mittlere Correct.		Correction bey'm Perigeo Apogeo des ☾ des ☾	
St.	M.	St.	M.	St.	M.	St.	M.
0	0	12	0	0		0	
0	30	12	30	- 8		- 6 ³ / ₈	
1	0	13	0	- 16		- 13 ¹ / ₄	
1	30	13	30	- 25		- 20 ³ / ₈	
2	0	14	0	- 33 ¹ / ₂		- 27 ¹ / ₂	
2	30	14	30	- 41		- 34	
3	0	15	0	- 49		- 40	
...		
12	0	24	0	0		0	

leute die Meereszeiten lieber nach dem Mondesalter berechnen, fehlt dem »Handbuch« jedoch auch eine solche Tafel nicht. Für den Fall, daß der Nautische Almanach, der ja bei dieser Rechnung vorausgesetzt wird, oder ein anderer Kalender an Bord nicht vorhanden sind, enthält das Werk vollständigkeitshalber eine Anleitung der kalendarischen Berechnungen mit Goldener Zahl und Epakte¹⁹⁹, verweist aber als bequemere Alternative auf den eingebundenen Mond-Kalender der nachfolgenden Jahre 1818–36, der gegebenenfalls auch länger benutzt werden kann. Das »Handbuch« nimmt also dem Schiffer die eigenständige Berechnung der Gezeit vollends aus der Hand und vertraut ihn zugunsten einer größeren Präzision Methoden an, deren Grundlagen seiner Einsicht entzogen sind.²⁰⁰ Doch schon wie in vergangenen Jahrhunderten gibt es auch zu dieser Zeit nach eine Reihe von Indizien, die für ein Festhalten der Praktiker an den überkommenen Verfahren sprechen. Ein Jahr nach Erscheinen des »Handbuchs« macht sich ein Mitglied seiner herausgebenden Gesellschaft, der Mathematikprofessor Ludolph Herrmann Tobiesen, daran, ein »Lehrbuch der Schifffahrtskunde« zu schreiben, das das Handbuch durch eine Fülle *practischer Beispiele und Aufgaben* ergänzt. Namentlich die Verbreitung des oben vorausgesetzten »Nautical Almanac«, obschon seit eineinhalb Jahrhunderten im Handel²⁰¹, oder anderer Kalender sieht er kritisch:

*Da der Nautical Almanac oder irgend ein anderer Kalender, welcher die Culminationszeit des Mondes für einen gewissen Meridian enthält, noch sehr selten in den Händen deutscher Seefahrer ist, so kann ich auch die Berechnung der Zeit des Hochwassers hier nicht auf den Gebrauch eines solchen Kalenders gründen, sondern muß bei derselben die Epacten-Rechnung zum Grunde legen, die allerdings weniger genau ist;*²⁰²

Nicht nur die Epactenrechnung führt er – mit einer Tafel – gleichsam durch die Hintertür wieder ein, sondern auch die Korrekturtafel des »Handbuchs« selbst möchte er durch eine vereinfachte – auf Bouguer zurückgehende – ersetzt wissen.²⁰³ Und so überrascht es nicht, wenn noch in der vierten Auflage des »Systems der praktischen Steuermannskunde« des I. F. Brarens, das seine Verpflichtung gegenüber Gietermaker nicht verhehlen kann, die 48-Minuten-Regel gelehrt wird. Das kann nur als Konzession an ein gängiges Verfahren, und einen in den Seefahrtsschulen verbreiteten Lehrstoff interpretiert werden, denn Brarens ist keinesfalls der Ansicht, daß es sich hier um eine befriedigende Methode handelt:

*Die vorhergehende Fluth- und Ebbe-Berechnung, nennt man die unaccurate, indem sich dabei ein Fehler von mehr als einer Stunde ergeben kann. Die Ursache ist, weil aus den Epacten des Mondes Alter in ganzen Tagen gesucht, auch jeder 29 1/2 Tag enthaltender Mondschein für 30 volle Tage gerechnet wird, und überhaupt, weil der Mond einen irregulären Gang hält.*²⁰⁴

Die accurate Alternative ist also nicht das Verfahren des »Handbuchs«, nicht die Berücksichtigung der Einflüsse der Sonne und der unterschiedlichen Mondentfernung, sondern – wie ein bis zwei Jahrhundert zuvor – eine Tabelle des *accuraten Zeitunterschiedes, zwischen Sonne und Mond, auf alle Tage der benannten Jahre*, also die Rückführung der Schwierigkeiten der *unaccuraten* Rechnung auf den *irregulären* Gang des Mondes. Deren Problematik soll der Augenschein und die Wachsamkeit lindern:

*Nota. So sehr im erforderlichen Falle eine accurate Berechnung der Fluth- und Ebbezeit anzupreisen ist; so wenig kann der Steuermann im Praktischen so sicher darauf rechnen, als ob die Fluthzeit in Wahrheit zu allen Zeiten ganz genau hiernach eintreffen werde. Vielmehr ist wohl zu bemerken, daß Wind, Wetter und Jahreszeit eine Abänderung, die nicht selten ganze Stunden von der bestimmten Fluth- und Ebbezeit abweicht, verursachen können. Auch lehret die Erfahrung, daß an manchen Orten entweder die Fluthen oder die Ebben länger als die ordinäre Zeit laufen. Vernünftige Erwägung der Umstände und sorgfältige Aufmerksamkeit, sind demnach zur Anstellung der Fahrten, wenn die Fluth- und Ebbestunden wichtigen Einfluß dabei haben können, durchaus nothwendig.*²⁰⁵

Man mag einwenden, daß es sich hier um die vierte Auflage eines veralteten Werkes handelt. Das »Systems der praktischen Steuermannskunde« geht auf den Lehrer der Navigationsschule in Tönning, Hinrich Brarens, zurück und erschien zum ersten Mal im Jahre 1800.²⁰⁶ Es ist posthum von seinem Sohn (?) veröffentlicht und nicht aktualisiert worden. Der Einwand trifft aber kaum seine Wirksamkeit als Unterrichtswerk. Offenbar war das Streben der Seeleute und auch der Seefahrtsschulen nach Aktualität ihrer Lehrbücher auch in diesem Jahrhundert weniger ausgeprägt als das Bescheiden mit dem Überkommenen und der Vereinfachung. Ein beredtes Beispiel liefern die Aufzeichnungen eines friesischen Kapitäns des 19. Jahrhunderts zur nautischen Belehrung seines Sohnes:

*Ich kenne sehr gelehrte Kapitäne, die aber ... schrecklich viel dummes Zeug gemacht haben; vor lauter Gelehrsamkeit. Du erinnerst dich wohl meines früheren Steuermanns, des schwarzen M. Dem sagte ich mal in den Hoofden [Straße von Dover], er möge mal zusehen, wann Hochwasser sei. Nach einer Stunde, als ich gar nicht mehr an ihn dachte und geschwind selbst nachgesehen hatte, kam er mit seiner Tafel und einem langen Rechenexempel an, das noch dazu nicht richtig war.*²⁰⁷

Womit genau sich der gescholtene Steuermann beschäftigte und in welchen *Corrections-Tafeln* er sich möglicherweise verfangen hatte, ist nur vage zu rekonstruieren. Wir wissen ferner nicht, ob die Urteilskriterien des Kapitäns wirklich erlaubten, über richtig oder falsch zu entscheiden. Der Episode sind zwei Dinge aber deutlich zu entnehmen: Erstens, daß eine *geschwind selbst nachgesehene* Bestimmung der Hochwasserzeit kaum in Zusammenhang mit den im obigen aufgeführten Tafelwerken oder Rechenoperationen gestanden haben kann, und zweitens, daß gerade dies, die Schnelligkeit und Unkompliziertheit, im Bordalltag eine der Grunderfordernisse jedweden Navigationsverfahrens bildete, der gegenüber aufwendige Verfahren das Nachsehen hatten.

Das gilt nicht nur für die deutsche Schifffahrt. In England, der zu dieser Zeit hydrographisch führenden Nation²⁰⁸, in der in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts mit den Arbeiten von Thomas Young, William Whewell, George B. Airy, John William Lubbock u. a. in kurzer Folge die Fundamente der modernen Gezeitenforschung gelegt wurden – von Cartwright als »hydrodynamische Phase«²⁰⁹ bezeichnet – gibt es ähnliche Zeugnisse. J. W.

Norie beklagt 1844: *Among pilots it is customary to reckon the times of flood, or high water, by the point of the compass the moon is supposed to bear on at that time, allowing three-quarters of an hour for eych point.*²¹⁰

Das paßt trefflich zu einem im frühen 20. Jahrhundert unter Fischern und Küstenfahrern der Ostküste verbreiteten Merkmals, der nicht anders auch ein halbes Jahrtausend zuvor jedem Schiffer in den Mund gelegt werden könnte:

*High water London Bridge,
Half ebb in the Swin;
Low water Yarmouth Roads,
Half flood at Lynn.*²¹⁰

Zusammenfassung

Die beigezogenen Quellen lassen trotz aller Lückenhaftigkeit eine Entwicklung erkennen. Nachdem ursprünglich über den Stand der Gezeit nur durch persönlichen Augenschein geurteilt werden konnte, brachten die Steigerung der Schiffsgröße, die Erweiterung des regelmäßig befahrenen Schifffahrtsgebietes und die dadurch veränderten navigatorischen Gewohnheiten die Notwendigkeit von Verfahren mit sich, über den Stand der Gezeit und die aktuellen Stromverhältnisse im voraus orientiert zu sein. Als ein erstes, rauhes Verfahren entwickelte sich spätestens im 14. Jahrhundert die Beobachtung der Mondpeilung zur lokalen Hochwasserzeit, die man vermutlich im gleichen Zug auf Peilungen der Sonne ausdehnte. Die tägliche Verspätung des Mondes wurde mit einem Strich (ca. 45 min) auf der 32teiligen Kompaßrose angenommen und mit der täglichen Verspätung der Gezeit gleichgesetzt. Damit war ein nahezu voraussetzungsloses Verfahren geschaffen, das seine mangelnde Übereinstimmung mit den tatsächlich vorgefundenen Verhältnissen durch Einfachheit in der Anwendung ausglich und wahrscheinlich durch Erfahrung »nach Gefühl« die größten Abweichungen (etwa zur Zeit der Quadratur) berücksichtigte.

Das 16. Jahrhundert zeigt eine Reihe von Neuentwicklungen. Zum einen sind Kreisdiagramme erhalten, die die obige, einfache Rechnung graphisch umsetzen und wohl als Lern- und Gedächtnishilfe für Analphabeten entwickelt wurden. Zum anderen enthalten auf uns gekommene Segelanweisungen und Navigationslehrbücher den Versuch, die rechnerisch leicht zu handhabende bisher angenommene tägliche Verspätung des Mondes und der Gezeit den astronomischen Gegebenheiten besser anzupassen. Sie bestehen hinsichtlich der Relation Strich/Tag einerseits in der Verkürzung des Nenners auf 22½ Stunden, andererseits in der Erweiterung des Zählers auf 48 min. In beiden Fällen hält damit die bisher nur den Gelehrten an Land geläufige Duodezimalteilung Einzug in die Gezeitenrechnung. Zur Erleichterung der Umrechnung der neuen Proportion wurden wiederum Kreisdiagramme und Gezeitenrechner geschaffen, die das Mühsal eines arithmetischen Lösungsweges ersparen sollten. Zusätzlich übernahmen die Lehrbücher aus der Komputistik kalendarische Verfahren, die eine angenäherte Bestimmung der Neumondtage erlaubten, um das Mondalter und daraus den Abstand von Sonne und Mond abzuleiten.

Im Bewußtsein der Ungenauigkeit auch dieser Verfahren und vor dem Hintergrund verschiedener Indizien und Quellenbelege steht jedoch sehr dahin, ob die Schiffer und Steuerleute für einen theoretischen Genauigkeitszuwachs bis zur halben- oder dreiviertel Stunde den Aufwand auf sich zu nehmen gewillt waren, die ohnehin in der Regel als schwierig empfundene Navigation zusätzlich zu komplizieren und nicht auf den als nautisches Universalinstrument ohnehin zur Verfügung stehenden Kompaß und die Strich-pro-Tag-

Rechnung zurückzugreifen. So ist denn der Annahme einer durchgreifenden Verbreitung derartiger Rechner einige Skepsis entgegenzubringen. Es kommt eine Reihe von Lehrbüchern namentlich der jüngeren Zeit auch ganz ohne sie aus und erwähnt sie nicht einmal. Ebenso scheint die Ermittlung des Mondalters manchem Lehrbuch mehr zur Demonstration der theoretischen Möglichkeiten denn praktischen Notwendigkeiten zu dienen.

Im 17. Jahrhundert treten weitere feinsinnige Verbesserungen auf, die sich jedoch sehr zögernd dem größten Problem der Voraussage, dem Einfluß der Sonne, nähern. Nachdem man zunächst die Ungleichmäßigkeiten des Mondlaufes dafür verantwortlich macht und in Tafelwerken zu berücksichtigen sucht, wird in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts, aber noch vor Newton, vereinzelt aus Beobachtungsdaten die Erkenntnis gewonnen, daß die tägliche Verspätung kein linearer Wert, sondern eine sinusförmige Kurve ist. Auch hier begegnen Kreisdiagramme, deren signifikante Verbreitung aber wiederum zweifelhaft ist, da die Mehrheit sich nach den Quellen in dieser Hinsicht unbekümmert zeigt. Gleichzeitig werden die ersten Gezeitentafeln mit für jeweils ein Jahr vorausberechneten Hochwasserzeiten aufgestellt und vertrieben. Selbst in den nautischen Lehrbüchern der unmittelbaren Nachbarschaft ist jedoch hierauf kein Echo zu vernehmen, was wohl als Reflex auf die Bedürfnisse und Gewohnheiten der Praktiker zu beziehen ist.

Erst zögernd und spät, Mitte bis Ende des 18. Jahrhunderts, schlagen die Fortschritte der Astronomie und »Tidologie« seit Newton in den nautischen Lehrbüchern durch. Überwiegend werden nun Korrektortafeln angeboten, die die bisherige Praxis verdrängen sollen. Nachdem zunächst nur der Einfluß der Anziehungskraft der Sonne darin eingeht, gibt es später auch Versuche, die in den nautischen Almanachen und Kalendern angegebenen astronomischen Daten durch die Berücksichtigung der Parallaxe des Mondes auszuschöpfen. Jedoch scheint damit der Spielraum zumutbarer Abstraktion für das Gros der Seeleute gesprengt. Es kommt in der Folgezeit – bereits dem 19. Jahrhundert – verstärkt zu Rücknahmen und Vereinfachungen. Eine neue Ebene wird erst beschritten, als vollständig zu Lande berechnete Gezeitentafeln erscheinen, und damit die Gezeitenrechnung an Bord ihrer Autarkie enthoben wird.

Für alle Jahrhunderte gilt, daß bei der Einführung neuer Verfahren oder Verbesserungen in die Lehrbücher beileibe nicht angenommen werden sollte, daß die früheren Gewohnheiten damit abgelöst und aufgehoben würden. Die stetig und lautstark wiederholten Klagen der Theoretiker über die mangelnde Aufgeschlossenheit und die unbeholfenen Verfahren der *gemeene Zee-varende Luyden* (Decker) beziehen sich gerade nicht auf ein konstantes Nachschleppen ihrer Gewohnheiten, sondern nicht selten explizit auf ihr konstant zähes Festhalten an den einfachsten, ältesten und unvollkommensten Verfahren, die ohne jede Rechnung und Tafel *geschwind* ausgeführt werden konnten, was wohl nur für die Strich-pro-Tag-Rechnung und die Multiplikation des Mondalters mit einer linearen täglichen Verspätung von 48 Minuten gilt. Die Strich-pro-Tag-Rechnung wäre damit, trotz der eminenten Fortschritte der wissenschaftlichen Gezeitenforschung in dieser Zeit, über ein halbes Jahrtausend unverändert nachweisbar.

Durch die Einführung motorischer Antriebe und fester Fahrpläne waren im 19. Jahrhundert die Ansprüche gewachsen. Besegelte Schiffe mußten wegen der windabhängigen Geschwindigkeit ohnehin groß dimensionierte Sicherheiten in ihre Zeitplanung aufnehmen. Die Dampfschiffe benötigten auf Minuten genaue und verlässliche Zeiten des Stromwechsels und des Hochwassers. Sie profitierten in erster Linie von den nun aufkommenden, akribisch errechneten Gezeitentafeln der hydrographischen Institutionen. Doch das Ausbildungs-, soziale und schiffstypologische Spektrum der Seefahrt war und ist bekanntermaßen weit gefächert. Die Schiffer kleiner Küstensegler folgten mit Gewißheit auch später noch den für sie überblickbaren Rechenwegen, statt den Zahlenkolonnen einer

Gezeitentafel zu vertrauen. Das synchrone Spektrum möglicher Verfahren umfaßt damit alle diachronen Entwicklungsstufen.

Das skizzierte Bild bestätigt damit auch, daß die zu einer gegebenen Zeit vorliegenden Forschungsergebnisse der wissenschaftlichen Disziplinen im Hinblick auf die Gezeiten nicht unmittelbar auf die nautische Praxis übertragen werden können. Auch wenn die dort üblichen Verfahren dem einzelnen Schiffer schnell vor Augen geführt haben dürften, daß er lediglich überschlägige Werte zu erwarten hatte, scheint er damit entgegen akademischen Gewohnheiten zufrieden gewesen zu sein. Selbst die Methoden der Lehrbücher, obschon bereits *om der bequaemheyt wille* (Coignet) und wegen des korton Begripes (Horst) verkürzt, hatten für ihn einen entscheidenden Fehler: Sie waren zu unüberschaubar.

Anmerkungen:

- 1 Vgl. als technikgeschichtlich orientierte Einführung in die entsprechende Debatte mit Angabe der wichtigsten Literatur Vierhaus 1981, 24–35. Zum besonderen Zusammenhang von Wissenschaft und Navigation in dieser Zeit s. bes. Taylor 1971, Waters 1976, ders. 1978 und Davids 1988.
- 2 Bourne: *Regiment for the Sea*. ³1580 (Ed. Taylor 1963), 294
- 3 Cortes 1551, Eden: *The Art of Navigation* 1561. Erneut ed. v. John Tapp 1596.
- 4 Vorrede an den Leser aus der dritten Auflage (s. Anm. 2), 293. Das Werk erlebte mindestens 10 Auflagen und eine Übersetzung ins Niederländische.
- 5 Er wird nach Taylor ebd. auch als Hafenmeister erwähnt (1968, 176).
- 6 So schrieb Taylor 1963, 284, Bournes Stil vermittele *an irresistible impression of first-hand experience*, so daß anzunehmen sei, daß wir *a sailor at his elbow* vermuten dürften.
- 7 Ebd., 296.
- 8 Zur Entwicklung vor Newton vgl. vor allem Harris 1898 (leider sind die entsprechenden Aufsätze in den Reprint (1966) seiner wichtigsten hydrographischen Schriften nicht aufgenommen). Weiterhin von Bedeutung Lubbock, bes. 1837. Marmer 1926, von Carter mit den Worten *make this your bible* empfohlen (1966, 152), wird in Deutschland schwer zugänglich sein, ebenso Warburg in den Admiralty Tide Tables 1916. Doodsen erläuterte 1953 – mit ähnlich kritischem Hintergrund wie Bourne, wenn auch anderer Formulierung – demselben Leserkreis, nämlich den Nautikern, ein weiteres mal die Problematik und Komplexität der institutionellen Gezeitenvorausberechnung. Defant trat 1942, 1953 und 1957 mit mehreren leicht verständlichen Schriften hervor, die ihre Aktualität für Zwecke der Übersicht durchaus behalten haben. Im deutschsprachigen Bereich ist ferner auf Sager und dessen unermüdliches Bemühen um Transparenz aller Gezeitentheorie (1955, 1959, 1987 sowie, mit verändertem Schwerpunkt, 1968 und 1990) hinzuweisen. Carter verstand es 1966, das Thema mit journalistischer Finesse geradezu unterhaltsam zu behandeln. Eckenrode bereicherte seine Dissertation von 1968 zur Gezeitentheorie von Beda Venerabilis († 735) durch Skizzen der antiken Voraussetzungen und Vorstellungen. Zu Gezeitenrechenmaschinen vgl. neben Sager auch Kunze 1977. In England lieferte Cartwright 1980 einen ersten Anstoß zu einer freilich mehr logischen als historischen Einteilung der Phasen der Erforschung des Phänomens, nachdem knapp zehn Jahre zuvor Rossiter die – in den Transactions of the Royal Society of London seit dem 17. Jahrhundert gut dokumentierten – britischen Verhältnisse untersucht hatte. Vgl. ferner im letzten Jahr die Aufsätze anlässlich des 125jährigen Bestehens der hydrographischen Institutionen in Norddeutschland von Annutsch, Munkelt und Ehlers. Darüber hinaus erlauben die einschlägigen hydrographischen Lexika wie Fairbridge 1966, 913–23, oder Dietrich/Kalle/Krauss/Siedler 1975, 392–440, eine Groborientierung. Allerdings wird hier in der Regel die historische Entwicklung nur am Rande aufgefächert.
- 9 Zeit zwischen zwei Konjunktionen des Mondes mit demselben Fixstern bzw. zwei Durchgängen durch denselben Punkt seiner Bahn.
- 10 Aus: Brockhaus Enzyklopädie VII, 300.
- 11 Sager 1959 (A), 58.
- 12 Ebd., 61.
- 13 Freilich wirkt diesem theoretischen Prozeß des »Aufstauens« wiederum die Schwerkraft entgegen.
- 14 Die die Schnittpunkte von Mondbahn und Ekliptik verbindende Linie.
- 15 Zeit zwischen zwei Perigäa. Sie weicht vom siderischen Monat ab, da die Apsidenlinie des Mondes (die Gerade durch den erdnächsten und erdfernsten Punkt, gleichzeitig die größere Achse der Ellipse) in 8,85 Jahren gegenläufig zur Rotation der Knotenlinie rotiert.

- 16 Der Mond unterliegt in seiner Bahn noch weiteren, kleineren Störungen, von denen hier aber abgesehen wird.
- 17 Zumindest im hier relevanten Bereich sog. halbtägiger Gezeiten.
- 18 Zeit von Neumond zu Neumond, d. h. zwischen zwei Konjunktionen mit der Sonne.
- 19 Präzession und Nutation werden hier vernachlässigt.
- 20 Neu- resp. Vollmond.
- 21 Nur auf der Nordhalbkugel der Erde. Auf der Südhalbkugel wirkt die Corioliskraft nach links.
- 22 Übersicht bei Couper 1989, 60.
- 23 Für begriffliche Unschärfe und etwaige andere Fehler in diesen sehr komprimierten Erläuterungen bitte ich namentlich alle Leser aus dem hydrographischen Bereich um Nachsicht bzw. gegebenenfalls um Mitteilung und Korrektur.
- 24 Hdb. der Westküste Englands und Schottlands 1985, B 6, 147. Im Detail: Macmillan Nautical Almanac 1989, 10.11.16 – 11.11.19, 512–15.
- 25 Hdb. der Nord- und Westküste Frankreichs 1981, B 4.1, 131.
- 26 Hdb. für das Europäische Nordmeer 1980, C 2.3, 302.
- 27 Hdb. der Nord- und Westküste Frankreichs 1981, C 1.4i, 328 u. C 5.1.1, 359.
- 28 Treffende Beispiele siehe Schnall 1975, 161f. und Taylor 1967, 142.
- 29 Die eigentlichen Süßwassermassen des Stromes.
- 30 Zuweilen kommt es dabei zu den viel beschriebenen sog. Flutbrandungen, engl. »Bore« oder franz. »Mascaret« genannt, bei denen die Flut in Form einer einzigen, mitunter brechenden Welle eintritt. Vgl. etwa Sager 1959 (A), 47–49. In Europa treten derartige Erscheinungen u. a. in der Seine, der Loire, der Gironde und im River Severn (s. S. 124) auf. Sie konnten zum Teil durch waserbauliche Maßnahmen der Neuzeit abgeschwächt werden. Vgl. etwa zur Seine die Tidenkurven im Hdb. der Nord- u. Westküste Frankreichs 1981, 282–87, zum River Severn das Hdb. der Westküste Englands und Schottlands 1985, 219.
- 31 Vgl. Übersicht bei Couper 1989, 60.
- 32 Handbuch der Nord- und Westküste Frankreichs 1981, B 4.1, 128; Nordsee-Handbuch. Östlicher Teil 1980, B 5, 120. Zur Übersicht vgl. die Tafel 1a, »Gezeitengrundwerte der europäischen Bezugsorte« in den Gezeitentafeln des BSH.
- 33 De Bello Gallico, comm. IV, cap. 20–36; comm V, cap. 2, 5, 8. Vgl. dazu Hawkes 1977, 125–63.
- 34 Vgl. dazu McGrail 1983.
- 35 So die Bezeichnung des Mittelmeeres im Epilog des »Compasso de Navegare« von 1296 (Ed. Motzo 1947, 137).
- 36 D. h. die angenommene Position.
- 37 Handbuch der Südküste Englands 1979, C 1.1.3, 137.
- 38 Vgl. zur Gesamtentwicklung der spätmittelalterlichen Navigation in Nordwesteuropa die Dissertation des Verfassers, die 1996 in der Schriftenreihe des Deutschen Schiffahrtsmuseums erscheinen soll.
- 39 Freilich war dies in der Küstenfahrt bis weit in die Neuzeit hinein üblich. Vgl. etwa Slade/Greenhill 1974, Eglinton 1982 und McGrail 1987, 267–72.
- 40 Vgl. Sauer 1992.
- 41 Vgl. hierzu bes. Vogel 1911; Mitchell 1932, Lippmann 1932, Schnall 1975, 74–84, sowie ders. 1977.
- 42 So bezeugt 1391 durch Geoffrey Chaucer im »Treatise on the Astrolabe« (s. u. S. 102).
- 43 Ich sehe hier von den sozialgeschichtlichen Implikationen der Entstehung schriftlicher Verkehrsformen ab, um den Rahmen nicht zu sprengen. Allerdings ist deren Kenntnis zum Verständnis des Verhältnisses von mündlicher und schriftlicher Tradition unabdingbar. Vgl. zu dem Problemkomplex etwa Pirenne 1929, Rörig 1953, Ennen 1977, Moeller/Patze/Stackmann 1983, Fried 1986 und Jenks 1992. Das Mündliche behielt noch für Jhh. seine Bedeutung in der Nautik. Vgl. z. B. unten Moore 1569: borne in mynde of yonge sailors (S. S. 114): Allegorie und Schrifttum als Stütze des Mündlichen.
- 44 Ed. Koppmann 1876 (ferner zit. »Seebuch«). Ein Fragment des »Seebuches« edierte Schmidt 1876. Eine Faksimile Edition ist durch den Verf. in Vorbereitung.
- 45 Lansdowne Ms. 285, Bl. 138r–42r (Ed. Gairdner 1889. Neu abgedruckt bei Waters 1967, 187–95) (ferner zit. Lansdowne Ms.). Die Segelanweisung des Lansdowne Ms. setzt ihren Schwerpunkt auf das Gebiet rund um England einschließlich der Biskaya, enthält aber auch einige Angaben zur iberischen Halbinsel.
- 46 Quantifizierende Angaben zu deren Stärke gibt es noch nicht.
- 47 »Seebuch«, Hs. B, Kap. II § 26.
- 48 Taylor/Richey 1962, 101.
- 49 »Seebuch«, Hs. A, Kap. XI, § 19.
- 50 Ebd., Hs. A, Kap. I, § 28. Nur bei besonders auffälligem Abweichen der Zeit des Stromwechsels vom Hochwasser oder bei Zirkularströmen finden sich Differenzierungen.

- 51 Die heutigen Werte im Nordsee-Hdb. Südlicher Teil 1984, C 2.5.2, 154–56, sind wegen der erheblichen säkularen Änderungen dieser Küste nicht anwendbar.
- 52 Darüber beschwert sich noch Pedro Nunes gelegentlich seiner Besprechung der Sonnenzeit mit Blick auf die spanischen Seeleute seiner Zeit (!) (1537, 141). S. Schomburg 1944, 236.
- 53 »Seebuch«, Hs. A, Kap. XI § 13.
- 54 Aus: Ed. Grosjean 1977, Tafel 1, Bl. 1a.
- 55 Ed. Grosjean 1977, Tafel 2, Bl. 2a. Zit. mit Anlehnung an die Transkription Grosjeans (ebd., 45). Übers. nach Grosjean, nautische Termini abgewandelt.
- 56 Emo von Wittewierum schreibt 1217/34: dies interlunares semper navigantibus suspectos (MGH 23, 478). Diese Aufmerksamkeit bezieht sich wahrscheinlich auf meteorologische (so auch Heinsius 1956, 181 Anm 2) und – uns weitgehend verschlossene – astrologische Zusammenhänge. Irrationale Grundlagen nautischer Entscheidungen sind noch bis weit in die Neuzeit hinein nachweisbar, womit nicht der allgemeine Aberglaube einfacher Seeleute gemeint ist. Stuart/Barracough/Preston berichten, daß man auf englischen Schiffen aus Furcht vor einem Einfluß von Knoblauch auf die Kompaßanzeige den Steuerleuten entsprechende Genüsse bei Prügelstrafe verbot (1988, 337). Welches Ausmaß derlei Vorstellungen erreichen konnten, zeigen Seidelmann/Janiczek/Haupt (nach Furnas 1969): Godfrey Malbone aus Rhode Island ließ während eines blinding snow storm zwei seiner Schiffe auslaufen, weil das Horoskop ihm dies unmißverständlich empfahl. Die Schiffe gingen mit der gesamten Besatzung verloren (1977, 311).
- 57 »Treatise on the Astrolabe« (Ed. Skeat 1894), III, 214. Zur Herkunft der Stundenteilung vgl. Körber 1965, 18f.
- 58 Ed. Skeat 1894, 12f., Z. 388–410.
- 59 Chaucers »Treatise on the Astrolabe« ist ein Abschnitt zur Gezeitenrechnung mit diesem Instrument angehängt, der zwar nicht ihm selbst zugeschrieben wird, aber doch zeitgenössisch ist. Es geht hier aber um nicht um nautische Zusammenhänge.
- 60 S. S. 126.
- 61 Ed. Waters 1967, 137–69.
- 62 Ediert ebd., 49–134. Die engl. Übers. erschien in mehreren Auflagen bis 1573(?) (ebd., 31).
- 63 Ediert ebd., 205–400. Zu Garcies Angaben, die Grundlagen des »Grant routtier« bereits um 1484 gelegt zu haben vgl. Waters, 35f.
- 64 Dessen Verfasser freilich einer spanischen Familie entstammt. Vgl. dazu Waters in der Ed., 35f.
- 65 Ebd., 153.
- 66 Ebd., 155.
- 67 Ebd., 154.
- 68 Die nordwesteuropäische Nautik zeigt noch in der Neuzeit ein erstaunlich zähes Festhalten am römischen Zahlensystem, als südeuropäische Navigatoren längst gewohnt waren, mit dem flexibleren arabischen Zahlensystem zu jonglieren.
- 69 Copland selbst ist eingestandenermaßen kein Seemann: I never came on the see ... (ebd., 53).
- 70 Ebd., 153f.
- 71 Ebd., 95f.
- 72 Ebd., 167f. Vgl. zur Gezeitenrechnung der drei Seehandbücher insgesamt auch Appendix I in Waters Ebd., 421–29. Waters geht dort ebenfalls auf die Implikationen der Angaben in bezug auf die Zeit der Sichtbarkeit des Mondes ein, die bei der nächtlichen Schiffsführung bedeutsam war. Allerdings überschätzt er m. E. die Theorie- und Rechenfreudigkeit des durchschnittlichen Praktikers dieser Zeit.
- 73 Ebd., 155.
- 74 Diagramm und Legende Bl. 9. Die »Kaerte« wurde 1885 von Rogge ediert.
- 75 Brit. Mus. London, Codex Cottonianus, Julius DVII, fol. 45b. Vgl. Lubbock 1837, 103, sowie Halliwell 1841, 55.
- 76 Taylor 1958, 136f.
- 77 Fälschlich und verwundert spricht die Forschung in den Spuren Lubbocks (s. Anm. 75) davon, die Tafel gebe ein – nach den Angaben späterer Jahrhunderte (s. S. 125) – unverständlich großes Hochwasserintervall von 3 h 48 m wieder. Dies ist jedoch nicht der Fall, denn explizit beginnt die Tafel mit dem Mondalter 1 statt 0. Das Hochwasserintervall beträgt damit bereits 48 min mehr als am Syzygium (Mondalter = 0 und 30).
- 78 Ed. Grosjean 1977, Tafel 1, Bl. 1a, Transkript. S. 38. Bl. 2 des Werkes enthält ein weiteres, erheblich umfangreicheres Kreisdiagramm mit zahlreichen astronomisch-astrologischen Informationen über die Erde, die vier Elemente, die Planeten, den Tierkreis, den Mond (ausführlich), erneuert die Goldene Zahl, den Tag und die Stunde sowie die Jahreszeiten (ebd., Tafel 2, Bl. 2ab). Es trägt zu diesem Aufsatz jedoch keine weiteren Informationen bei.
- 79 S. hierzu neben dem Standardwerk Grotfend 1891–1898 auch Zemanek 1984.
- 80 Die Differenz des tatsächlichen Mondlaufs vom (größeren) kalendrischen ist mit der Einfügung

des sog. Mondsprunges, der nach Ablauf des 19jährigen Zyklus die Epakte um 12 wachsen läßt, nicht vollständig ausgeglichen, sondern erfordert noch ca. alle 300 Jahre eine Verminderung der Epakten, die sog. Mondgleichung.

- 81 Bibl. Marciana (Venedig), Cod. Marc. chartaceus, Mss Italiani, Cl. IV, n. 170. Der Portolan im »Trattato« wurde – leider ohne die Ausführungen der Vorspanns – ediert von Kretschmer 1909, 246–67, Kommentar 204–06. Diese Quelle verdiente ohnehin eine ausgedehntere Würdigung, als ihr durch Kretschmers überschauendes Werk zuteil wurde.
- 82 Die Concurrentes beziehen sich eigtl. auf den Wochentag des 24. März (von 1 für Sonntag bis 7 für Sonnabend), so daß unverständlich ist, warum Coignet sie hier nennt. Möglicherweise liegt eine Verwechslung vor, denn sie werden auch als *epacte solis* bezeichnet.
- 83 Coignet 1580, 23rv.
- 84 1584, 8 u. 14. Bezeichnend ist, daß Waghenauer gleichsam »sicherheitshalber« seinem Atlas eine Tafel *vande nieuwe Maen* befügt, die wie ein Almanach anhand der Goldenen Zahl das Datum des Neumondes für alle Monate des Jahres angibt (ebd., 9). Die Entwicklung der astronomischen oder nautischen Almanache selbst wird hier aus Raumgründen vernachlässigt. Vgl. dazu Forbes 1965, Sadler 1968, bes. Cotter 1968 und Seidelmann/Janiczek/Haupt 1977.
- 85 Aus: Gietermaker 1677, 4.
- 86 1673, 59.
- 87 Dem Verf. lag die zweite Aufl. v. 1794 vor.
- 88 Vgl. zu dessen Einfluß auf die deutschen Verhältnisse Mehl 1968, 393–95.
- 89 Dem Verf. lag die zweite Aufl. v. 1677 vor.
- 90 1673, 61.
- 91 1677, 6.
- 92 Ebd., 22.
- 93 1653, 212. Dies ist nicht die erste Auflage des Werkes, denn dessen Privilegien datieren 1642.
- 94 1673, 60.
- 95 1655, 7.
- 96 1778, 303.
- 97 Auch die Hafenzeiten selbst wurden gern entweder in Kreisdiagrammen wie dem des Katalanischen Atlases angegeben (z. B. bei C. Anthonisz 1558, L. Benedicht 1568, L. J. Waghenauer 1584 u. a.), oder die tabellarischen Aufstellungen wurden nach der Peilung geordnet (etwa Coignet 1580, Lastman 1653, Tangermann 1655 u. a.). Diese wenig sachgerechte Reihenfolge wurde zum Teil auch noch beibehalten, als man schon dazu überging, die Hafenzeit in Stunden statt Peilungen anzugeben.
- 98 Vgl. zum Ex. des National Maritime Museum in Greenwich Howse 1993, 33–37.
- 99 Gernez 1949, 8.
- 100 So jedenfalls die in den Segelanweisungen übliche Hafenzeit des Ortes. Brouscons Windrose zeigt hingegen WSW.
- 101 Bibl. Nat. Paris, Mss. français 25374, 25v–26r.
- 102 Ebd., 25r.
- 103 Howse 1993, 35.
- 104 15 min entsprechen im Diagramm einem Hochstrich, 30 min einem Punkt und 45 min drei Hochstrichen (in anderen Auflagen auch einer arab. »3«).
- 105 Die Beachtung derartiger Regeln rangierte noch im 19. Jh. mitunter vor der Beachtung lokaler Gezeitentafeln. Vgl. etwa Handbuch der Schifffahrtskunde 1819, 376.
- 106 Ausführlicher Nachweis bei Howse 1993, 37.
- 107 Brit. Mus., London. Royal Ms. 17. A II (undatiert). Vgl. dazu Taylor 1931 und dies. 1938. Die Übersetzung besteht in der Hinzufügung einer englischen Erklärung des Verfahrens (3r–4v) und englischer Legenden. Erklärungen der systembedingten Probleme erfolgen nicht. Marshall verwendet ferner arabische Zahlen. Die behandelten Gewässer sind jedoch dieselben. Der größte Teil des englischen Schifffahrtsgebietes fehlt folglich.
- 108 Vgl. Dujardin-Troader 1960, bes. 388–92, sowie ders. 1961.
- 109 So im Titel des Diagramms.
- 110 Vgl. dazu im Detail Bosanquet 1937. Zum Verbleib und einem zweiten Exemplar der Tafel s. Howse 1993, 38. Bosanquet hält dafür, daß das 214 mm * 183 mm große Diagramm auf einen Karton gezogen und mit untergelegter Kompaßnadel auf See als wirkliche Kompaßrose gebracht worden sei. Das scheint jedoch nicht nur aus praktischen Erwägungen unglaublich: Wer könnte einer derart filigranen Rose längere Zeit mit den Augen folgen? Die Bezeichnung *Flye*, die tatsächlich auch die eigentliche Kompaßrose meint, ist hier m. E. im übertragenen Sinne zu verstehen. Moore selbst sieht sie in seiner oben zitierten Bemerkung offensichtlich als Merkhilfe und als Tafel.
- 111 Ed. Gairdner 1889, 13.

- 112 Ebd., gegenüber 195.
- 113 Vgl. zur ausführlichen Worterklärung Harbord 1863, 175–78.
- 114 Bosanquet sprach hier – auf A. E. Stephens zurückgreifend – von *tide establishments* (Hafenzeiten) (198), ohne den Widerspruch der Zeitangaben zu den Richtungsangaben der Stellung der Seeorte zu berücksichtigen.
- 115 Brit. Mus., London. Add. Ms. 37024 (ferner zit. »Booke of the Sea Carte«).
- 116 Vgl. A. B. Taylor 1965, 83. S. ferner E. G. R. Taylor 1930, 15–21, und Waters 1978, 14–16. Mit der Gezeitenrechnung beschäftigte sich bes. Stephens 1937.
- 117 »Booke of the Sea Carte«, 50r. Der Wert ist korrekt.
- 118 Ebd., 53r.
- 119 Im Anhang, *The Mariners Pronostication gathered out of Ptoleme Arystotelle Plini, Virgill an dother naturalle philosophers* (60r), finden sich die Grundlagen des gelehrten Verfassers.
- 120 Ebd., 53v–54v.
- 121 Dieser Meinung ist Stephens (1937, 58). Er sah eine *accordance with observed facts*, was fragwürdig scheint, da die Zeiten – die bei Stephens in zwei Fällen auch nicht korrekt gerechnet sind – sich durchaus in keine regelmäßige Kurve fügen wollen. Auch in der weiter unten folgenden Tabelle sind schließlich mehrere verderbte Stellen.
- 122 Ebd., 54v–56v.
- 123 Ebd., 58v–59r. *Thage of the mone lies the age of the moon, coaste of the Mone lies cours of the Mone*. Dennoch sind die verderbten Stellen merkwürdig, zumal auch in der Erklärung der Tafel von *thage of the moon* die Rede ist. (ebd., 58r).
- 124 1937, 58f. Dort wird das Diagramm auch dargestellt und diskutiert.
- 125 Köberer 1983, 165.
- 126 Koninklijke Bibliotheek Den Haag, Ms. 129.A.24. Vgl. dazu Gernez 1949, 11f., sowie Howse 1993, 32f.
- 127 Vgl. zu ihm Taylor 1968, 171f.
- 128 Nat. Marit. Mus., Greenwich. S. Howse 1993, 27–29. Waters 1967, App. I, bildet ein ähnliches Instrumente ab.
- 129 Aus: Köberer 1983, 163.
- 130 Ed. Taylor 1963, 68.
- 131 Erhalten nur aus der zweiten, wahrscheinlich posthumen Auflage von 1592, doch lag es mit Gewißheit auch der ersten bei. Vgl. Köberer 1983, 164f. Vgl. auch Taylor 1968, 168.
- 132 Dasselbe gilt für den Rechner des Jacques Devaulx von 1583 (Gernez 1947, 10). Devaulx war Pilot in Le Havre.
- 133 1578, 17v.
- 134 So die Vorrede seines Lehrbuches. Allerdings ist der Begriff in dieser Zeit noch nicht mit der Konnotation des Zweckfreien behaftet, die ihm heute eignet. Zum Beispiel ist von den Anhängern der lutherischen Konfession einmal als den liebhaber Euangelischer lere die Rede (Titelholzschnitt der sog. »Ketzerpredigt«, Straßburg 1521. S. Brod 1965, 233).
- 135 Vgl. ausführlicher dazu Gernez 1949 und Howse 1993. McPherson Rice erwähnt eine möglicherweise auf die Gezeiten bezogene Rechenvorrichtung im frühneuzeitlichen Schiffsfund von Matham: *a circular board of oak, with twenty-eight holes through it, which probably had been used as an almanac or score table*. (1824, 559.) Allerdings bleibt die Anzahl der 28 Löcher merkwürdig. Die Epakten der Periode 1700–1899 hatten bei 28 ihren Höchstwert, aber daß man für einen Jahreswert eine Merkscheibe anlegt, ist wohl auszuschließen.
- 136 1677, 42.
- 137 Ein Instrument zur Zeitbestimmung aus der Konstellation der Sterne des Kleinen (und des Großen) Wagens.
- 138 Ebd. 22v.
- 139 1580, 22v.
- 140 1653, 212.
- 141 Ebd., 213.
- 142 Das ptolemäische Weltbild ging statt von einer elliptischen von einer exzentrischen Mondbahn aus, die es aus der zyklischen Bewegung mit gleichsinnig drehend aufgelagertem Epizykel erklärte.
- 143 Lastman 1553, 221.
- 144 Ebd., 222.
- 145 Als Beispiel wurde die Äquinoktial-Lunation vom 14.9.–14.10.85 mit Werten aus »Gezeitentafeln für das Jahr 1985« gewählt, um die mögliche Tragweite einmal exemplarisch sichtbar zu machen. Zur Zeit der Solstitien wären die Unterschiede weniger ausgeprägt. Bei entsprechender astronomischer Konstellation sind aber noch größere Unterschiede möglich.
- 146 1653, 224.

- 147 1659, 128f.
- 148 1677, 24–31. Die Übernahme der Werte des Jahres 1670 erklärt sich aus den Papierlageverhältnissen des Druckes.
- 149 Z. B. unternahm der erste Präsident der Royal Society, Lord Viscount W. Brounker, Lotungsversuche im Themse-Ästuar mit einem leinenlosen Lot (Moray/Hook 1667, 440–43).
- 150 Zum Teil gilt dies auch für das frz. Pendant »Journal des Savants«.
- 151 Etwa Moray zum *frith of Berneray* (Berneray im Sound of Harris zwischen den Äußeren Hebriiden Uist und Harris) (1666, 53–55). Wie treffend seine Beobachtungen sind, zeigt das Handbuch der Westküste Englands und Schottlands 1985, C 6.2.10, 466. Moray stößt bei seinen Beobachtungen als eye witness ferner auf die Sinusform der Gezeiten: *it is supposed, that in Equal spaces of Time, the Increase and Decrease of velocity, and consequently the degrees of the Risings and Fallings of the same, in Equal spaces of time, are performed according to the Proportion of Sines* (im selben Jg., 298).
- 152 Moray 1666, 299, und Hook (s. Anm. 154).
- 153 Ebd., 299 und App., sowie in: »An Account of ...« 1666. Die Unwissenheit der Zeit zeigt Morays Meinung, die Gezeiten stiegen in Bristol *to ten or twelve fathoms; as upon the coast of Britanny in France, they do to thirteen and fourteen*. Diese Hubhöhen dürften wohl zu einem guten Teil auf Lotleinen aus »Seemannsgarn« zurückgehen, denn realistisch ist ungefähr die Hälfte.
- 154 Rooke 1666, 141. Die »Directions« wurden ergänzt von Hook 1666 und noch einmal, in wesentlich erweiterter Form, von Moray/Hook 1667 vorgetragen.
- 155 Freilich liegen deren Anfänge schon im 16. Jh. Vgl. zum 1514 gegründeten Trinity House Harris 1969.
- 156 »An Account of ...« 1666, 378f.
- 157 1668, 814–16.
- 158 1668, 816.
- 159 1668, 632–34.
- 160 1668, 816.
- 161 1668, 656.
- 162 1668, App., Fig. 5.
- 163 Ebd., 657.
- 164 1682, 103.
- 165 1683, 12.
- 166 1683, 12.
- 167 Ebd. 12f. Flamstead nimmt neben Philips die Gezeitentafeln des Mr. Booker (auf die jener auch bereits hingewiesen hatte) von dieser Kritik aus. Er sei der erste gewesen, der versucht habe, die üblichen Fehler auszugrenzen. Bookers Tafeln sind jedoch m. W. verloren.
- 168 Für die Flamstead offenbar Verfasserrechte beansprucht, denn er bezeichnet sie als seine erste Gezeitentafel.
- 169 Ebd., 14.
- 170 Ebd., 14f.
- 171 Flamstead 1684, 458.
- 172 1733, 4.
- 173 1953, 178. Zur Geschichte des Instituts s. Cartwright 1980, 245–50.
- 174 Ebd., 260.
- 175 Vgl. hierzu vor allem Harris 1898, 415–20. Eine kurze Übersicht bietet auch Sager 1959 (A), 92f.
- 176 1753, 177.
- 177 Ebd., 364.
- 178 Diese Genauigkeit beanspruchte auch die erste deutsche, auf langfristige Beobachtungen durch Hugo Lentz (1873) und das Marineobservatorium Wilhelmshaven zurückgehende Gezeitentafel von 1878.
- 179 Ebd., 178f.
- 180 Cotter 1977, 324.
- 181 1754, 187–92.
- 182 Ebd., 204–32.
- 183 Ebd., 199.
- 184 1732, 29. Zu jüngeren Auflagen dieses Werkes vgl. Stettner 1993.
- 185 1778, 303. Tabelle mit Hafenzeiten – Fluthzeit und Compaßstrich des 4 zur Fluthzeit – ebd., 205–10.
- 186 1784, 9f.
- 187 Meierotto 1790, 270.
- 188 Gesamte Biographie ebd. 262–72, 388–95.

- 189 Vgl. zum nautischen Unterricht in Deutschland Bolte 1902 und Mehl 1968. Ähnliche Verhältnisse wie die um Casten schildert auch Bolte (307).
- 190 1835, 47.
- 191 Ebd., 173.
- 192 Ebd., 112.
- 193 Ebd., 173.
- 194 Ebd., 185.
- 195 S. S. 130.
- 196 1791.
- 197 1819, 383. Die Ausführungen zur Gezeitenrechnung im »Handbuch« werden teilweise nahezu wörtlich wiederholt von Begemann 1835.
- 198 Für je 15 Grad Längenunterschied Ost oder West werden 2 Minuten subtrahiert oder addiert.
- 199 Ebd., 125. Die Epakte ist hier durch Tafeln zur Monatsepakte präzisiert.
- 200 Nur kursorische Erklärungen werden in zwei *Nota* (ebd., 130 und 377) gegeben.
- 201 Erstmalig wurde er 1766 vom englischen Royal Astronomer Nevil Maskelyne herausgegeben..
- 202 1820.
- 203 Vgl. ebd. im Anhang die Tafel XIII A. Bei anderer Aufteilung sind die Korrekturwerte aus Bouguer entnommen. Noch in der zweiten Hälfte des Jh. ist diese Tabelle so aktuell, daß sie mit gutem Gewissen für Navigationslehrbücher verwendbar ist, obwohl inzwischen in den Werken von Breusing 1852 und Albrecht/Vierow 1854 gründlichste Ausführungen zur Gezeitenrechnung zugänglich sind. S. Werner 1866, 388.
- 204 1843, 27.
- 205 Ebd. 29.
- 206 Bolte 1902, 319. Zur Wirkungsgeschichte Gietermakers in Nordfriesland und zu H. Brarens s. auch Mehl 1968, 385.
- 207 Abgedr. in Hansa 1871/72. Auch in Wiechers 1984, 93–100, bes. 98.
- 208 Obwohl auch aus Frankreich bedeutsamste Beiträge stammen. Man denke neben Lalande nur an Pierre Simon Laplace.
- 209 Cartwright 1980, 242–44. In Deutschland sind in diesem Zusammenhang das Werk des Cuxhavener Wasserbau-Inspectors Hugo Lentz (1873) und die Arbeiten des ersten Direktors des 1874 gegründeten Wilhelmshavener Marineobservatoriums Carl Börgen (etwa 1885) zu nennen. Westeuropa, namentlich England, blieb jedoch in der Hydrographie weiterhin führend. Bezeichnend für die hiesigen Verhältnisse ist, daß der erste Direktor der ohnehin erst spät (1868) gegründeten Norddeutschen Seewarte, W. von Freeden, unentgeltlich arbeiten und seine nach langen Auseinandersetzungen gegründete Einrichtung weitestgehend aus privaten Mitteln finanzieren mußte. Vgl. Werner 1881, 69–71, sowie Annutsch 1993, 194.
- 210 Aus der 13. Aufl. des »Epitome« (nach Howse 1993, 28).
- 211 Goodwin(?) in: *Mariner's Mirror* 3 (1913) 319 (Answer 81). Die richtige Form des den Angaben nach zu dieser Zeit noch wohlbekannten Verses war als Frage 81 von »C. A. H.« im selben Jahrgang dieser Zeitschrift (287) gestellt worden.

Literaturverzeichnis:

- An Account of several Engagements for Observing of Tydes. In: *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* 2, 1666, S. 378f.
- Albrecht, M. F., Vierow, C. S.: *Lehrbuch der Navigation und ihrer mathematischen Hülfswissenschaften*, Berlin 1854.
- Alday, Jacob: *Dith Bökeschen wert genoemet dat Instrument unde Declinatie der Suennen*, Lübeck 1578.
- Annutsch, Ralph: *Gezeiten- und Windstaudienst*. In: *Schiffahrt und Meer*. 125 Jahre maritime Dienste in Deutschland. Hrsgg. v. P. Ehlers. Herford 1993, S. 194–199.
- Anthonisz, Cornelis: *De Onderwijsinge vander zee om Stuermanschap te leeren*. Amsterdam 1558.
- Begemann, H. C.: *Practisches Handbuch für Seefahrer*. Hamburg 1835.
- Benedict, Laurentz: *Søkartet offver Øster oc Vester Søen*. 1568. Ed. v. J. Knudsen. Kopenhagen 1915.
- Bolte, Friedrich G.: *Die Entwicklung des nautischen Unterrichts in Deutschland*. In: *Nauticus*. Jahrbuch für Deutschlands Seeinteressen 4, 1902, S. 303–336.
- Börgen, Carl: *Die harmonische Analyse der Gezeitenbeobachtungen*. Berlin 1885.
- Bosanquet, Eustace F.: *The Fly 1569*. In: *Library (London)* IV/18, 1937, S. 195–200.
- Bouguer, Pierre: *Nouveau traité de navigation contenant la théorie et la pratique du pilotage*. Paris 1753.
- Bourne, William: *A Regiment for the Sea and other writings on navigation by William Bourne of Gravesend, a gunner (1535–82)*. Ed. v. E. G. R. Taylor. (= Hakluyt Society 2,121). London 1963.

- Brarens, I. F.: System der praktischen Steuermannskunde. Rendsburg 41843.
- Breusing, Arthur: Steuermannskunst. Bremen 1852.
- Brod, Max: Johannes Reuchlin und sein Kampf. Stuttgart/Berlin 1965.
- Brouscon, Guillaume: Seehandbuch. Versch. Auflagen 1543, 1546, 1548.
- Caesar, Gaius Julius: De bello Gallico. Paderborn o. J.
- Carter, Samuel: Kingdom of the Tides. New York 1966.
- Cartwright, C. E.: The Historical Development of Tidal Science, and the Liverpool Tidal Institute. In: Oceanography: The Past. Proceedings of the Third International Congress on the History of Oceanography, September 22-26, 1980. Hrsgg. v. M. Sears u. D. Merriman. New York 1980, S. 240-251.
- Chaucer, Geoffrey: The Complete Works. Ed. v. W. W. Skeat. Oxford 1894.
- Childrey, Joseph: Animadversions on Dr. Wallis's Hypothesis about the Flux and Reflux of the Sea. In: Philosophical Transactions of the Royal Society of London 5, 1670, S. 2061-2068.
- Coignet, Michiel: Nieuwe Onderwijsinghe op de principaelste Puncten der Zee-vaert. Antwerpen 1580.
- Ders.: Instruction nouvelle des poincts plus excellents & necessaires touchant l'art de naviguer. Amsterdam 1581.
- Colepresse, Samuel: An Account of some Observations at and nigh Plimouth, An. 1667. In: Philosophical Transactions of the Royal Society of London 4, 1668, S. 643f.
- Cortes, Martin: Breve compendio de la sphaera y de la arte de navegar. Cadiz 1546.
- Cotter, Charles H. A.: History of Nautical Astronomy. London 1968.
- Ders.: John Hamilton Moore and Nathaniel Bowditch. In: Journal of Navigation 30, 1977, S. 323.
- Couper, Alastair (Hrsg.): The Times Atlas and Encyclopaedia of the Sea. London 1989.
- Davids, Carolus A.: Zeewezen en wetenschap. De wetenschap en de ontwikkeling van de navigatie-techniek in Nederland tussen 1585 en 1815. (= History of Science Cat. 6). Cambridge 1988.
- Decker, Ezechiel de: Practyck vande groote zeevaart. Rotterdam 1659.
- Defant, Albert: Die Gezeiten der festen Erde, des Meeres und der Atmosphäre (= Vorträge und Schriften der Preußischen Akademie der Wissenschaften 10). Berlin 1942.
- Dietrich, Günter; Kalle, Kurt; Krauss, Wolfgang, et al.: Allgemeine Meereskunde. 3. neubearb. Aufl. Berlin/Stuttgart 1975.
- Doodson, Arthur T.: The Development of Tidal Theory. In: Journal of the Institute of Navigation 6, 1953, S. 177-183.
- Dujardin-Troadec, Louis: Guides nautiques illustrés bretons. In: Revue technique de navigation maritime, derianne et spatiale 8,32, 1960, S. 385-397.
- Ders.: Une page inédit de l'histoire de la navigation. In: Bulletin de la 2ème Region Maritime, (Brest) 21 u.37, 1961.
- Eckenrode, Thomas R.: Original aspects in Venerable Bede's tidal theory with relation to prior tidal observations. St. Louis 1970.
- Eden, Richard: The Arte of Navigation. London 1561.
- Eglinton, Edmund: The Last of the Sailing Coasters. London 1982.
- Ehlers, Peter: 125 Jahre Dienste für Seeschifffahrt und Meer. Von der Norddeutschen Seewarte bis zum Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie. In: Deutsches Schifffahrtsarchiv 16, 1993, S. 71-80.
- Emo von Wittewierum: Emonis abbatis Werumensis Chronicon a 1204-1234. Menconis abbatis Werumensis Continuitatio Chroniconis 1237-1273. (= Monumenta Germ. Hist. Scriptores 23). Hannover 1874ff.
- Ennen, Edith: Stadt und Schule in ihrem wechselseitigen Verhältnis im Mittelalter. In: Dies., Gesammelte Abhandlungen zum europäischen Städtewesen. Köln 1977, S. 154-168.
- Eschels, Jens J.: Lebensbeschreibung eines Alten Seemannes. Hamburg 1835.
- Fairbridge, Rhodes W. (Hrsg.): The Encyclopedia of oceanography. (= Encyclopedia of earth sciences series I). New York 1966.
- Flamstead, John: A correct Tide-Table shewing the true Times of the High-Water at London-Bridge. In: Philosophical Transactions of the Royal Society of London 13, 1683, S. 10-15.
- Ders.: A correct Tide-Table, shewing the true times of high-water at London Bridge for every day in the year 1685. Philosophical Transactions of the Royal Society of London 14, 1684, S. 821-823.
- Forbes, Eric G.: The foundation and development of the Nautical Almanac. In: Journal of Navigation 18, 1965.
- Fried, Johannes: Schulen und Studium im sozialen Wandel des hohen und späten Mittelalters. (= Vorträge und Forschungen 30). Darmstadt 1986.
- Fruchtnicht, Jan Juriaan: De kleene Zeemans-Wegwyzer ofte Kunst der Stuurlieden. Hamburg 1784.
- Furnas, Joseph C.: The Americans. A Social History of the United States 1587-1914. New York 1969.
- Gairdner, James (Ed.): Sailing Directions for the Circumnavigation of England and for a Voyage to the Straits of Gibraltar. (= Hakluyt Society 79). London 1889.

- Gernez, D.: Les Indications relatives aux Marées dans les anciens Livres de Mer. In: Archives Internationales d'Histoire des Sciences 4, 1949, S. 671-691.
- Gezeiten-Tafeln für die Deutsche Nordsee-Küste für das Jahr 1879. Kaiserliche Admiralität, Hydrographisches Bureau. Berlin 1878.
- Gezeitentafeln für das Jahr 1985, Bd. I: Europäische Gewässer. (= Veröffentlichungen des Deutschen Hydrographischen Instituts 2115). Hamburg 1984.
- Gietermaker, Claas Hendricksz.: 't vergulde Licht der Zeevaart; ofte Konst der Stuurlyuden. Hrsg. u. erweitert d. Frans van der Huys. Amsterdam 1677.
- Grosjean, Georges (Ed.): Der Katalanische Weltatlas aus dem Jahre 1375. Zürich 1977.
- Grotefend, Hermann: Zeitrechnung des deutschen Mittelalters und der Neuzeit, Hannover 1891-98.
- Halliwell, James Orchard (Ed.): Rara Mathematica. A Collection of Treatises on the Mathematics. London 1841.
- Handbuch für das Europäische Nordmeer. (= Veröffentlichungen des Deutschen Hydrographischen Instituts 2011). Hamburg 1980.
- Handbuch der Nord- und Westküste Frankreichs. (= Veröffentlichungen des Deutschen Hydrographischen Instituts 2018). Hamburg 1981.
- Handbuch der Schifffahrtskunde. Zum Gebrauch fuer Navigationsschulen auch zum Selbstunterricht angehender Steuerleute. Verfaßt von der Hamburgischen Gesellschaft zur Verbreitung der mathematischen Kenntnisse. Hamburg 1819.
- Handbuch der Südküste Englands. (= Veröffentlichungen des Deutschen Hydrographischen Instituts 2017). Hamburg 1979.
- Handbuch der Westküste Englands und Schottlands. (= Veröffentlichungen des Deutschen Hydrographischen Instituts 2019). Hamburg 1985.
- Harbord, J. B.: Glossary of Navigation, Edinburgh/London 1863.
- Harris, G. G.: The Trinity House of Deptford 1514-1660. (= University of London Historical Studies 24). London 1969.
- Harris, Rollin A.: Tidal Work and Knowledge Before the Time of Newton. (= Manual of Tides V). U.S. Coast and Geodetic Survey Report 1897 (1898) II, S. 386-409.
- Ders.: Newton to Laplace (Manual of Tides VI). In: U.S. Coast and Geodetic Survey Report 1897 (1898) II, S. 410-421.
- Ders.: Extracts from the Manual of Tides. (= Technical Bulletin of the Committee on Tidal Hydraulics of the Corps of Engineers of the U.S. Army 2). Vicksburg 1966.
- Hawkes, C. F. C.: Britain and Julius Caesar. In: Proceedings of the British Academy 63, 1977, S. 125-192.
- Heinsius, Paul: Das Schiff der hansischen Frühzeit. (= Quellen und Darstellungen zur Hansischen Geschichte NF 12) Weimar 1956. 2. erw. Aufl.
- Hewitt, R. L.; Lees-Spalding, I. J. (Hrsgg.): The Macmillan & Silk Cut Nautical Almanac. London 1980ff.
- Hewson, J. B.: A History of the Practice of Navigation. Glasgow 1963.
- Hoheisel, Wolf-Dieter: Erste Segelversuche mit dem Kieler Nachbau der Bremer Hanse-Kogge von 1380. Deutsche Schifffahrt 13/2, 1991, S. 23-25.
- Hook: Appendix to the Directions for Seamen, bound for far voyages. In: Philosophical Transactions of the Royal Society of London 2, 1666, S. 147-49.
- Horst, Peter van der: Beschrijving van der Kunst der Seefahrt. Lübeck 1673.
- Howse, Derek: Some early tidal diagrams. In: The Mariner's Mirror 79, 1993, S. 27-43.
- Jenks, Stuart: Das Werkzeug des spätmittelalterlichen Kaufmannes. Hansen und Engländer im Wandel von Memoria zur Akte. In: Jahrbuch für fränkische Landesforschung 52, 1992, S. 283-319.
- Dit is die Kaerte van dye Suyd zee tot dat Ranserdyp toe/ ende tot dat Maersdiep toe. Amsterdam 1540. Ed. v. H. C. Rogge. Leiden 1885.
- Kelly, Joshua: The Modern Navigator's Compleat Tutor; or, a Treatise of the Whole Art of Navigation. In its Theory and Practice &c. London 1733.
- Köberer, Wolfgang: Ein niederdeutsches Navigationshandbuch aus dem 16. Jahrhundert. In: Deutsches Schifffahrtsarchiv 6, 1983, S. 151-173.
- Koppmann, Karl (Ed.): Das Seebuch. (= Niederdeutsche Denkmäler 1). Bremen 1876.
- Körper, Hans-Günther: Zur Geschichte der Konstruktion von Sonnenuhren und Kompassen des 16. - 18. Jahrhunderts. (= Veröffentlichungen des Staatlichen Mathematisch-Physikalischen Salons Dresden 3). Berlin 1965.
- Kretschmer, Konrad: Die italienischen Portolane des Mittelalters. Ein Beitrag zur Geschichte der Kartographie und Nautik. (= Veröffentlichungen des Instituts für Meereskunde und des Geographischen Instituts der Universität Berlin 13). Berlin 1909.
- Kunze, H. J.: Gezeitenvoraberechnungen und Gezeitenrechenmaschinen. In: Seewart 38, 1977, S. 141-148.

- Lalande, Joseph Jérôme L. de: *Traité du flux et du reflux*. In: *Astronomia*, (Paris) 1791, IV, S. 1-348.
- Lastman, Cornelis J.: *Beschrijvinghe van de Kunst der Stuer-Luyden*. Amsterdam 1653.
- Lentz, Hugo: *Von der Fluth und Ebbedes Meeres*. Hamburg 1873.
- Lippmann, Edmund O. von: *Geschichte der Magnetnadel bis zur Erfindung des Kompasses* (gegen 1300). (= *Quellen und Studien zur Geschichte der Naturwissenschaften und Medizin* 3,1). Berlin 1932.
- Lubbock, John William: *On the Tides*. In: *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* No 1, 1837, S. 97-140.
- McGrail, Sean: *Cross-Channel Seamanship and Navigation in the Late First Millennium BC*. In: *Oxford Journal of Archaeology* 2, 1983, S. 299-337.
- Ders.: *Ancient boats in Northwesteurope*. Archaeology of water transport to AD 1500. London 1987.
- McPherson Rice, William: *Account of an Ancient Vessel recently found under the old Bed of the river Rother*. In: *Archaeologia* 20, 1824, S. 553-565.
- Marmer, Harry A.: *The Tide*. New York 1926.
- Marshall, John: *Gezeitenhandbuch*. o. J.
- Maskelyne, Nevil: *Nautical Almanac and Astronomical Ephemeris for the year 1767*. London 1766.
- Meierotto, I. H. L.: *Exempelbuch für Seefahrende und Strandbewohner zu Rath und Huelfe in Gefahr und mannichfaltigen Faellen*. Berlin 1790.
- Mitchell, A. Crichton: *Chapters in the History of Terrestrial Magnetism, Terrestrial Magnetism and Atmospheric Electricity* 37,2, 1932, S. 105-146.
- Moeller, Bernd; Patze, Günther; Stackmann, Karl (Hrsgg.), *Studien zum städtischen Bildungswesen des späten Mittelalters und der Frühen Neuzeit*. (= *Abhandl. d. Akad. d. Wiss. Gött., phil.-hist. Kl.* 3/137). Göttingen 1983.
- Moray, Robert: *A Relation of some extraordinary Tydes in the West-Isles of Scotland*. In: *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* 1, 1665, S. 53-55.
- Ders.: *Considerations and Enquiries concerning Tides*. In: *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* 2, 1666, S. 298.
- Ders.: *Directions for Observations and Experiments to be made by Masters of Ships, Pilots, and other fit Persons in their Sea-Voyages*. In: *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* 3, 1667, S. 433-448.
- Morton Nance, R.A.: *Hanseatic Bergentrader of 1489*. In: *The Mariner's Mirror* 3, 1913, S. 161-167.
- Munkelt, Karl: *Anfänge des Hollerith-Verfahrens*, in: *Schiffahrt und Meer*. 125 Jahre maritime Dienste in Deutschland. Hrsgg. v. P. Ehlers. Herford 1993, S. 330f.
- Newton, Isaac: *Philosophiae naturalis principia mathematica*. London 1687. Dt.: *Mathematische Prinzipien der Naturlehre*. Übers. v. J. P. Wolfers. Berlin 1872.
- Nordsee-Handbuch, östlicher Teil. (= *Veröffentlichungen des Deutschen Hydrographischen Instituts* 2006). Hamburg 1980.
- Nordsee-Handbuch, südlicher Teil. (= *Veröffentlichungen des Deutschen Hydrographischen Instituts* 2007). Hamburg 1984.
- Norie, J. W.: *Epitome of practical Navigation*. London 1817.
- Nunes, Pedro: *Tratado em defensam da carta de marear*. Lissabon 1537.
- Parry, John H.: *The Age of Reconnaissance*. London 1963.
- Philips, Henry: *A letter written to Dr. John Wallis by Mr. Henry Philips containing his Observations about the True Time of the Tides*. In: *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* 2, 1668, S. 656-659.
- Pirenne, Henry: *L'instruction des marchands au moyen âge*. In: *Annales de Histoire Economique et Sociale* 1, 1929, S. 13-28.
- Robertson, John: *Elements of Navigation*. London 1754.
- Röhl, Lampert H.: *Anleitung zur Steuermannskunst den Weg auf der See zu finden und zu berichtigen*. Greifswald 1778.
- Rörig, Fritz: *Mittelalter und Schriftlichkeit*. In: *Welt als Geschichte* 13, 1953, S. 29-41.
- Rooke: *Directions for Sea-men bound for far Voyages*. In: *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* 2, 1666, S. 141-143, 147-149.
- Rossiter, J. R.: *The History of Tidal Predictions in the United Kingdom before the Twentieth Century*. In: *Proceedings of the Royal Society of Edinburgh* 73,2, 1971/72, S. 13-17.
- Sadler, D. H.: *The bicentenary of the Nautical Almanac*. In: *Journal of Navigation* 21, 1968.
- Sager, Günther: *Gezeiten Voraussage und Gezeitenrechenmaschinen*. Warnemünde 1955.
- Ders.: *Gezeiten und Schiffahrt*. Leipzig 1959 (A).
- Ders.: *Ebbe und Flut*. Gotha 1959 (B).
- Ders.: *Atlas der Elemente des Tidenhubs und der Gezeitenströme*. Rostock 1963.
- Ders.: *The rôle of the tides in Caesar's invasions of Britain*. In: *Bulletin Institute Océanographique* No Spec 2, 1968.

- Ders.: Mensch und Gezeiten, Wechselwirkungen in zwei Jahrtausenden. (= Geographica Bernensia NR 32). Bern 1987.
- Ders.: Schiffe, Schlachten und Gezeiten. Ein Streifzug durch zwei Jahrtausende. Berlin 1990.
- Sauer, Albrecht: Die Bedeutung der Küste in der Navigation des Spätmittelalters. In: Deutsches Schiffsarchiv 15, 1992, S. 249-278.
- Der wohl instruierte Schiffer ... Hamburg 1732.
- Schmidt, Gustav (Ed.): Fragment des Seebuchs. In: Jahrbuch des Vereins für Niederdeutsche Sprachforschung 2, 1876, S. 80-82.
- Schnall, Uwe: Navigation der Wikinger. Nautische Probleme der Wikingerzeit im Spiegel der schriftlichen Quellen. (= Schriften des Deutschen Schifffahrtsmuseums 6). Oldenburg 1975.
- Ders.: Bemerkungen zur Navigation auf Koggen. In: Jahrbuch der Wittheit zu Bremen 21, 1977, S. 137-148.
- Schomburg, Hans: Iberische Seemannskunst im Entdeckungszeitalter. In: Geographischer Anzeiger 45, 1944, S. 203-213, 263-269.
- Seidelmann, P. K.; Janiczek, P. M.; Haupt, R. F.: The Almanacs. Yesterday, Today and Tomorrow. In: Journal of Navigation 30, 1977, S. 310-322.
- Seller, John: Practical Navigation or an Introduction to the Whole Art. London 1694.
- Slade, W. J.: Greenhill, Basil, Westcountry Coasting Ketches. London 1974.
- Smith, Thomas: Correct Tide-Table. Shewing the true time of the High Water at London-Bridge, to every day in the year MDCLXXXII. In: Philosophical Collections of the Royal Society of London 4, 1682, S. 102f.
- Stephens, A. E.: The Booke of the Sea Carte. A Seaman's Manual for the Sixteenth Century. In: Imago Mundi 2, 1937, S. 55-59.
- Stettner, Heinrich: »Um sich in vorkommenden besondern Faellen selber rathen zu koennen, was rechtens sey...«. In: Deutsches Schiffsarchiv 16, 1993, S. 81-85.
- Stuart, W. F.; Barraclough, B. R.; Preston, J., Magnetic Reference in Navigation – The Earth as a Magnet. In: Journal of Navigation 41,3, 1988, S. 336-357.
- Sturmy, Samuel: An Account of some Observations, made this year in Hong-road within four miles of Bristol. In: Philosophical Transactions of the Royal Society of London 4, 1668, S. 813-817.
- Tangermann, Hans: Wechwyser tho de Kunst der Seevaert. Hamburg 1655.
- Tapp, John (Ed.): (Richard Eden) The Arte of Navigation. London 1596.
- Taylor, Alexander B.: Name studies in 16th century Scottish maps. In: Imago Mundi 19, 1965, S. 81-99.
- Taylor, Eva G. R.: French cosmographers and navigators in England and Scotland 1542-47. In: Scottish Geographical Magazine 46, 1930, S. 15-21.
- Dies.: A sixteenth-century Ms. navigating manual in the Society's library. In: Geographical Journal 78, 1931, S. 346-352.
- Dies.: Early maps and tide-tables. In: Antiquity No 46, 1938, S. 219-223.
- Dies.: The Mathematical Practitioners of Tudor and Stuart England. London 1968.
- Dies.: The Haven-Finding Art. A History of Navigation from Odysseus to Captain Cook. London 1971.
- Dies.; Richey, M. W.: The Geometrical Seaman. A Book of early Nautical Instruments. New York 1962.
- Tobiesen, Ludolph H.: Lehrbuch der Schifffahrtskunde. Berlin 1820.
- Versi, Pietro de: Trattato di Nautica. Venedig 1445.
- Vierhaus, Rudolf: Wissenschaft und Wissenschaftsgläubigkeit im Aufstieg der modernen Welt. In: Die Technikgeschichte als Vorbild moderner Technik. Jahrestagung der Georg-Agricola-Gesellschaft in Bonn, 7.-8. November 1980. (= Schriften der Georg-Agricola-Gesellschaft 7). Essen 1981, S. 20-50.
- Vogel, Walther: Die Einführung des Kompasses in die nordwesteuropäische Nautik. In: Hansische Geschichtsblätter 38, 1911, S. 1-32.
- Waghenaer, Lucas J.: Spiegel der Zeevaert. Leiden 1584.
- Wallis, John: Hypothesis about the Flux and Reflux of the Sea, taken from the consideration of the Common Center of Gravity of the Earth and Moon. In: Philosophical Transactions of the Royal Society of London 2, 1666, S. 263-289.
- Warburg, Harold D.: Historical Introduction. In: Admiralty Tide Tables for 1916. London 1916.
- Waters, David W.: Science and the Techniques of Navigation in the Renaissance. (= Maritime Monographs and Reports 19). Greenwich 1976.
- Ders.: The Art of Navigation in England in Elizabethan and Early Stuart Times. London 1978.
- Werner, Reinhold: Die Schule des Seewesens. Handbuch der praktischen Seemannschaft und Seemannskunst. Leipzig 1866.

Ders.: Aus dem Archiv der Deutschen Seewarte. Rez. d. Autors, Göttingische Gelehrte Anzeigen 1881, S. 65-96.

Wiechers, Karl-Heinz: und fuhren weit übers Meer. Zur Geschichte der ostfriesischen Segelschiffahrt I: Inseln und Küste. Norden 1989.

Zemanek, Heinz: Kalender und Chronologie. München/Wien 1984.

Tide prediction in early modern times

Summary

Despite the fragmentary character of the available sources, a process of development in the tide prediction of early modern times is discernible. Originally the tide level could be judged only by appearance. The increase in ships' size, the expansion of regularly travelled shipping areas and the ensuing changes in navigational practice, however, brought about the necessity of methods for calculating the tide level and the condition of the currents in advance. The first, rough method of observing the lunar bearings at high tide, and presumably the solar bearings as well, had been developed by the 14th century. The daily retardation of the moon was marked with a point (approx. 45 min.) on the compass card and equated with the daily retardation of the tide. The result was a procedure requiring little skill or previous knowledge; its lack of correspondence with the actual circumstances was compensated by the simplicity of its application. Experience, according to "feel," would have been taken into additional consideration for the greatest deviations (e.g. during the quadrature).

The 16th century presents a whole series of new developments. To begin with there were circle diagrammes illustrating the simple above-described calculation graphically, probably as a teaching and memory aid for illiterate users. In addition, the sailing instructions and navigation manuals which have come down to us contain attempts to adjust the assumed daily retardation of the moon and the tide, which are relatively easy to calculate, more exactly to astronomic factors. In regard to the fractional calculation – point/day – these factors would indicate the reduction of the denominator to 22.5 hours and the increase of the numerator to 48 min. Thus duodecimal calculation, known until that time only to scholars on land, became an element of tide prediction. In order to simplify the conversion of the new proportion, circle diagrammes and other devices were invented, sparing their users the toil of working out the solution arithmetically. The manuals also adopted calendric methods from computists, allowing an approximate estimation of the new moon days. On this basis lunar age could be derived, data which, in turn, made it possible to calculate the distance between the moon and the sun.

Even this new method was not perfect, however, and various evidence and sources point to the likelihood that shipmasters and helmsmen were unwilling to go to the trouble of an extra half or three-quarter hour of work for a degree of precision that was only theoretical. The science of navigation was felt by practitioners to be

complicated enough as it was, and the tendency would have been to take recourse to that familiar, universal nautical instrument – the compass – and the point-per-day calculation. Supposition of widespread use of the new devices should thus be met with skepticism. Several textbooks of more recent times not only do without these methods; they utterly fail to mention them. Even the determination of the lunar age seems to serve many a textbook more as a demonstration of theoretical possibility than as a practical necessity.

Tide prediction underwent further subtle improvements in the 17th century, but little progress was made in regard to the greatest problem presented by the science, the influence of the sun. The irregularities of the lunar course, which the various charts attempted to indicate, were originally made responsible for the daily retardation. In the second half of the century but before Newton, continued observation led to recognition of the fact that the daily retardation of the tide is not a linear value but rather a sine-shaped curve. Again circle diagrammes were made to reflect this discovery, and again their wide reception is doubtful, as according to the sources the majority of users reacted with indifference. At the same time the first tide charts indicating high tide times for a year in advance were worked out and distributed. Yet even in textbooks on directly related issues there is no mention of such charts, most likely reflecting the needs and habits of the users.

Only gradually and quite late – in the second half of the 18th century – did progress in the sciences of astronomy and “tidology” after Newton begin to have an impact on nautical textbooks. Correction charts were now distributed in an effort to supplant old practices. The influence of the sun’s gravity was taken into consideration and later there was an attempt to utilize astronomical data indicated in nautical almanacs and calendars by taking the parallel axis of the moon into consideration. This required a level of abstraction, however, that apparently could not be expected from the majority of seamen. In the following period – as early as the 19th century – retractions and simplifications of this data were made increasingly. A new standard was not reached until charts thoroughly calculated on land became available, finally doing away with the self-sufficiency represented by the tide prediction on board.

It can be said with certainty of every epoch that the introduction of new methods or improvements in the textbooks by no means led to the abolishment and replacement of previous practices. The complaints of the theoreticians regarding the clumsy methods and lack of receptiveness of the *gemeene Zee-varende Luyden* (common seafaring people, Decker) are constant and clamorous. They refer not to a mere delay in the improvement of methods but, more often than not, explicitly to the seamen’s steady, stubborn clutch on the oldest, simplest and most imperfect of procedures, performable *geschwind* (in a hurry) and with the least possible recourse to calculation of charts. These were conditions fulfilled only by the old point-per-day method and the multiplication of the lunar age with a linear daily retardation of 48 minutes. Thus despite the eminent progress made in tidal research during this period, the point-per-day calculation was provenly in constant use for half a millennium.

The introduction of motorized propulsion and fixed schedules in the 19th century was accompanied by the demand for higher standards. Because of their dependence on wind speeds, sailships were already quite limited in their schedulability. Steamships, on the other hand, required reliable, to-the-minute predictions of current changes and high tide times. Their operators benefitted most of all from the new tide charts meticulously calculated by the hydrographic institutions. Yet as we know, the

spectrums of expertise, social forms and ship types are all quite wide in the area of shipping. The captains of small coastal sailing vessels will certainly have continued to use their readily comprehensible forms of reckoning for many a year, rather than trusting the columns of numbers on the tide chart. The synchronous spectrum of possible methods comprises all diachronic stages of development.

This survey confirms the fact that, in connection with tide prediction, the research results attained at any given time in the various scientific disciplines cannot be applied directly to nautical practice. Even when common practice quickly made it plain to the shipmaster that he could expect only rough estimates, he – as opposed to the scholar – was apparently content. The methods prescribed by the textbooks, although simplified *om der bequaemheyt wille* (for the sake of convenience, Coignet) and *wegen des korten Begripes* (because of limited grasp, Horst), had one decisive drawback: they were still too complex.